THESE

présentée à la

FACULTE DES SCIENCES DE PARIS

UNIVERSITE PARIS VII

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE

par

Pierre GRANES

Sujet de la Thèse : " Etude comparative des mouvements atmosphériques d'une étoile géante Be HD 217 050 et d'une étoile supergéante Be HD 198 478 ".

Soutenue le 9 janvier 1973 devant la Commission d'Examen composée de :

M. E. SCHATZMAN :	*Président*
Mme R. HERMAN	*Examinateurs*
M. J.M. LECONTEL	
Mlle A.M. DELPLACE	*Invitée*

THESE

présentée à la

FACULTE DES SCIENCES DE PARIS

UNIVERSITE PARIS VII

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE

par

Pierre GRANES

Sujet de la Thèse : " Etude comparative des mouvements atmosphériques d'une étoile géante Be HD 217 050 et d'une étoile supergéante Be HD 198 478 ".

Soutenue le 9 janvier 1973 devant la Commission d'Examen composée de :

M. E. SCHATZMAN :	*Président*
Mme R. HERMAN	*Examinateurs*
M. J.M. LECONTEL	
Mlle A.M. DELPLACE	*Invitée*

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

INTRODUCTION

Dans cette étude, nous avons cherché s'il existait une relation entre les géantes et les supergéantes B à émission. Plus précisément, nous avons voulu faire une étude comparative des atmosphères de deux étoiles de chaque groupe :

- I - L'étoile géante HD 217050 (B3 III)
- II - L'étoile supergéante HD 198478 (55 Cygni) (B3 Ia)

Cette étude est basée sur 80 clichés photographiés, en chambre IV, au foyer des spectrographes coudés des télescopes de 193 cm et 152 cm de l'Observatoire de Haute-Provence (dispersion : 9, 67 - 12,27 et 12,4 Å/mm).

I - HD 217 050

Les mesures de vitesses radiales faites sur les spectres de cette étoile, photographiés de façon plus ou moins régulière de 1960 à 1971, nous ont permis de montrer : 1) des variations lentes des couches que l'on peut attribuer à des mouvements intérieurs et extérieurs de l'enveloppe sur 6 années environ; 2) que les progressions Balmer, si elles ne sont pas spectaculaires, n'en sont pas moins réelles.

En 1970, à la faveur de 13 jours consécutifs de beau temps, nous avons pu mettre en évidence des variations rapides ayant une durée supérieure à 13 jours. Partant de ce résultat, nous avons collationné et compilé sur ordinateur les vitesses radiales mesurées sur 11 années d'observations.

Sur le tracé Benson, nous avons pu voir que les points se distribuaient assez bien le long d'un pic centré dans un intervalle de 19,33 jours. Les mêmes résultats des vitesses radiales, analysés par série de Fourier, dans un programme de recherche de période, a donné 19,3283 jours.

La microphotométrie des clichés et la réduction des profils en intensité à l'aide des courbes d'étalonnage nous ont permis d'examiner les variations du rapport V/R des composantes violette et rouge des raies d'émission. Bien que très faibles, ces variations sont corrélées aux variations des vitesses radiales.

II - HD 198 478

En 1970, lors d'une première étude de cette étoile, nous avons pu constater que les variations des vitesses radiales étaient corrélées aux variations des profils de la raie Hα sur 15 à 16 jours. L'amplitude de la courbe des vitesses radiales était importante et variait de 85 km/s pour Hβ à 46 km/s pour Hγ et à 36 km/s pour Hδ. Un phénomène général de compression atmosphérique semblait être décelé (composante satellite violette au début des observations, rouge à la fin). Afin de préciser ces phénomènes, une autre campagne d'observations fut effectuée.

En 1971, une série de 34 spectres, pris dans le rouge II aF (4400-6700 Å) et dans le bleu II aO ch (3300-5200 Å), chaque nuit et si possible deux fois par nuit, nous a permis de remarquer que l'amplitude de la courbe de vitesses radiales avait diminué par rapport à l'année précédente (55 km/s pour Hβ, 32 km/s pour Hγ et 17 km/s pour Hδ). Les clichés obtenus en II aO ch ont fait apparaître des mouvements moins importants dans les couches intérieures (17 km/s à H15) que dans les couches extérieures de l'atmosphère.

D'autre part, et cela est un fait nouveau, l'examen des courbes de vitesses radiales, a fait apparaître un mouvement oscillatoire plus ou moins périodique de 4 à 5 jours superposé au mouvement atmosphérique de 15 à 16 jours que nous avions relevé dans de précédentes observations.

L'analyse du dépouillement des profils de la raie Hα confirment les résultats obtenus par les vitesses radiales, à savoir :

- la présence simultanée des composantes satellites violette et rouge alors que les vitesses radiales se rapprochent de zéro par valeurs négatives,
- la disparition de la composante satellite violette et la croissance progressive de la composante satellite rouge, tandis que les vitesses radiales augmentent positivement,
- la réapparition de la composante satellite violette alors que la composante satellite rouge est très intense, au moment où les vitesses radiales deviennent nulles.

Les variations de la largeur équivalente de l'émission déduite des profils de la raie Hα passent nettement par une valeur maximale au milieu des observations, c'est-à-dire lorsque les vitesses radiales basculent des vitesses négatives aux vitesses positives et que disparaît la composante satellite violette.

L'ensemble de ces phénomènes paraît bien indiquer un mouvement d'expansion puis de compression de l'atmosphère de l'étoile.

-oOo-

L'exploitation des mesures de vitesses radiales tenant une place très importante dans l'ensemble de cette étude, il nous est apparu indispensable de décrire, très brièvement, l'appareil que nous avons remonté et modifié pour une meilleure fiabilité et un accroissement de la précision dans la mesure des abscisses des raies.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544721_0032

COMPARATEUR ELECTRONIQUE DIGITALISE

I - Définition

Ce dispositif permet le dépouillement des plaques photographiques par la connaissance des distances (x) entre les raies spectrales.

II - Description de l'ancien système

1°) - Optique

La figure 1 décrit l'appareil ancien que nous devions modifier.

La plaque à mesurer est placée sur un microscope Hilger et Watts qui donne 3 images d'une même raie par un système de miroirs semi-réfléchissants M_1 et M_2SR. Une image est projetée sur un verre dépoli (D) afin de permettre un repérage visuel par l'opérateur. Une autre image éclaire un photo-multiplicateur (PMI) dont la fonction est de donner un ordre de grandeur de la densité de la raie par rapport au fond de la plaque. La troisième image est projetée en balayage, sur une fente (F) éclairant un second photo-multiplicateur (PML), grâce à une lame à faces parallèles (LT) entrainée par un disque tournant.

2°) - Fonctionnement

Les pointés sont contrôlés sur l'écran d'un oscilloscope par double balayage synchrone (balayage trapèzoïdal synchrone ≠ dent de scie).

Le disque tournant module linéairement la lumière reçue par une photo-diode à vide (PV) de façon à ce que chaque passage de l'image d'une raie devant la fente du PM de lecture se produise pendant l'augmentation ou la diminution de l'éclairement de la photodiode.

Le signal du PM est envoyé en Y, celui de la photodiode à vide en X. L'image vue sur l'écran de l'oscilloscope représente le profil de la raie suivant λ ↗ et λ ↘ . (Fig. 2).

Le pointé est alors effectué à la coïncidence des maxima pour une émission et des minima pour une absorption.

Le curseur d'entrainement de la plaque photographique se déplace le long des 150 mm d'une vis de précision. Cette vis est solidaire d'un potentiomètre de précision à tambours de 9 décades qui donnent une précision de lecture des abscisses de 0,001 mm (1µ). Les indications données par ce potentiomètre sont converties en chiffres décimaux standards par un codeur qui commande l'impression simultanée des résultats sur une machine à écrire IBM de contrôle et leur perforation sur cartes (perforatrice IBM 026).

3°) - Remarques et inconvénients du système de balayage

a) Le moteur d'entrainement du disque tourne à une vitesse telle que la fréquence du balayage soit 50 Hz, ce qui est très gênant car les éléments à forte impédance utilisés (photodiode à vide et entrée de l'amplificateur) peuvent être parasités par le secteur s'ils ne sont pas très soigneusement blindés.

b) Le signal donné par la photodiode à vide n'est correct que pour des niveaux d'éclairement très faibles d'où la nécessité d'assurer une intensité d'éclairage constante, une amplification suffisante du signal de sortie et une nouvelle source d'alimentation pour l'amplificateur (Fig. 1bis).

c) Il est nécessaire, pour le fonctionnement de l'appareil, de se borner à pointer des raies suffisamment fines de manière à ce que le temps de passage de leur image devant la fente du PM de lecture soit $\leq$ au temps de balayage t.

III - Modifications et améliorations apportées

Les modifications et améliorations du dispositif ont porté principalement sur :

1°) L'optique
2°) Le système de balayage

1°) - L'optique

a) La source lumineuse de 25 w éclairant le

système optique du microscope a été remplacée par une lampe de 150 w refroidie par air pulsé. Le faisceau lumineux est condensé par un système de lentilles puis filtré de ses composantes infra-rouges par une solution de sulfate de cuivre (SCu) avant de parvenir sur le miroir de renvoi du microscope. L'ensemble, condenseur optique et cuve de SCu, est enfermé dans un bâti rigide.

b) Le photo-multiplicateur (PMI) a été supprimé en raison de l'instabilité de l'amplificateur galvanométrique. Cela nécessitait une réparation trop importante pour n'obtenir qu'un ordre de grandeur de la densité de la raie au fond de la plaque. Le miroir semi-réfléchissant (M_2SR) a donc été remplacé par un miroir normal, ce qui a eu pour effet d'augmenter la luminosité de l'image projetée sur la plaque de verre dépoli.

2°) - Le système de balayage

Un petit alternateur tachymétrique monté sur l'axe du moteur entrainant la lame à faces parallèles fournit une tension sinusoïdale suffisante (6v/240 mA) pour attaquer l'ampli. X de l'oscilloscope (Fig. 3). Un pont de résistances monté aux sorties de l'alternateur permet le réglage de la synchronisation du balayage (Fig.4).

Le système d'axe unique reliant le moteur, la lame à faces parallèles et l'alternateur évite le phénomène dit de "respiration" et assure une stabilité parfaite du balayage.

La réalisation de cet axe a nécessité beaucoup de soins en raison des problèmes d'équilibrage qu'elle comporte.

IV - Applications

Ce comparateur nous a permis de mesurer les abscisses des raies de tous les clichés cités plus loin et d'en déduire les vitesses radiales avec une précision de $\pm$ 1 km/s à $\pm$ 3 km/s suivant le profil de la raie considérée.

-oOo-

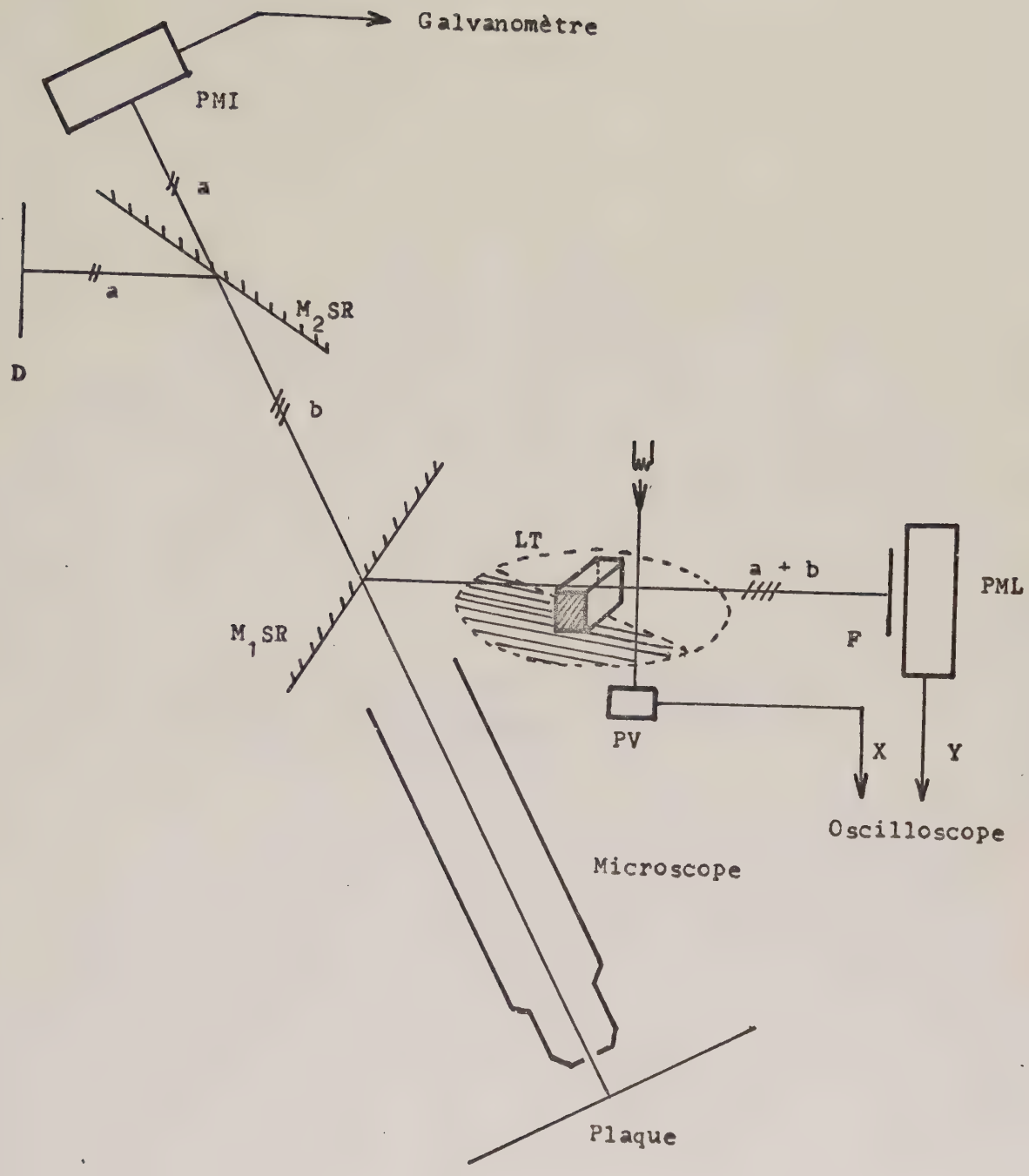


Fig.1 - Schéma descriptif de l'ancien système.

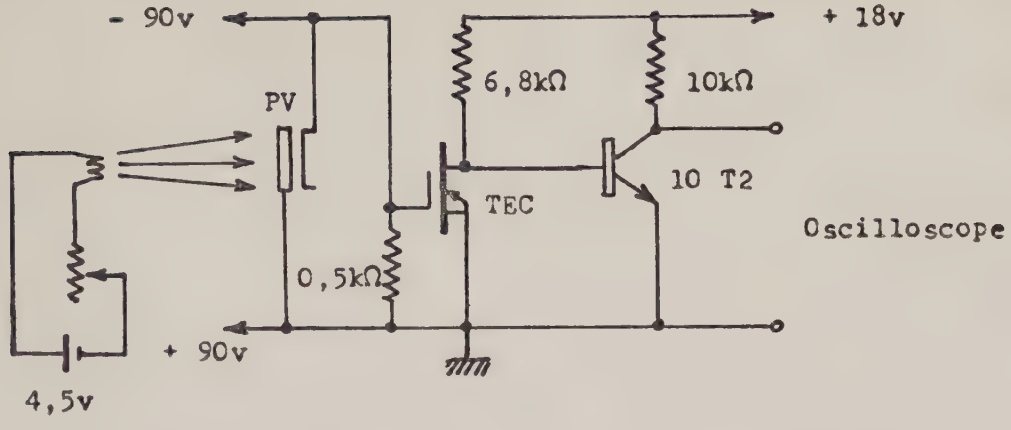
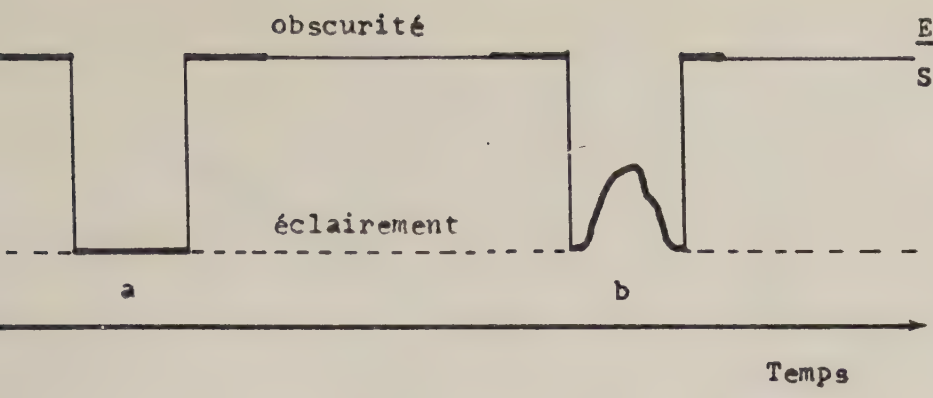
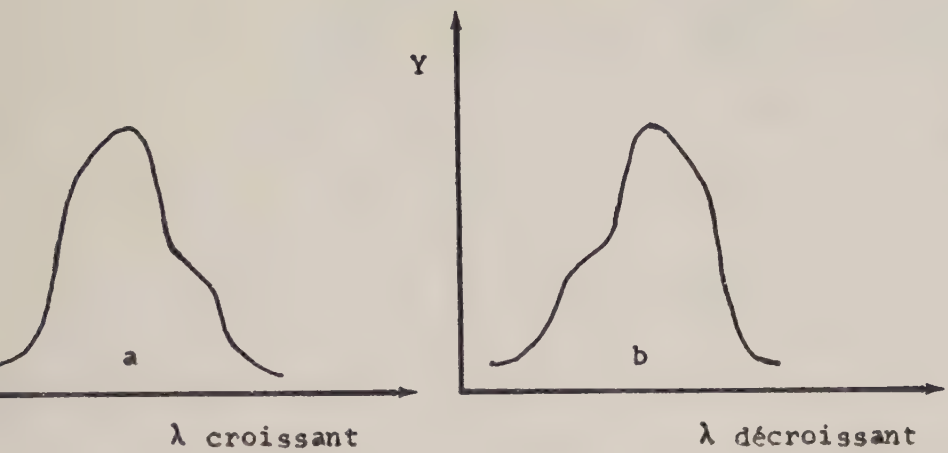


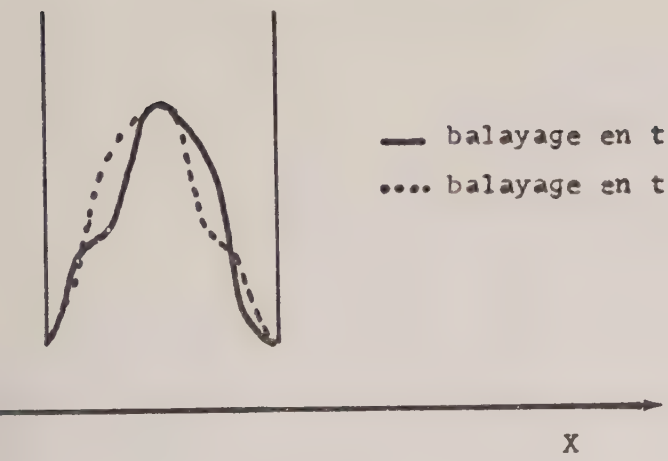
Fig. 1bis - Schéma de l'amplificateur de la photodiode à vide dans l'ancien système.



En balayage en dent de scie:
Signal de sortie de PML
a Fond de plaque
b Raie



Profils d'une raie :
a λ croissant
b λ décroissant



Oscillogramme d'une raie en double balayage.

Fig.2 Oscillogrammes

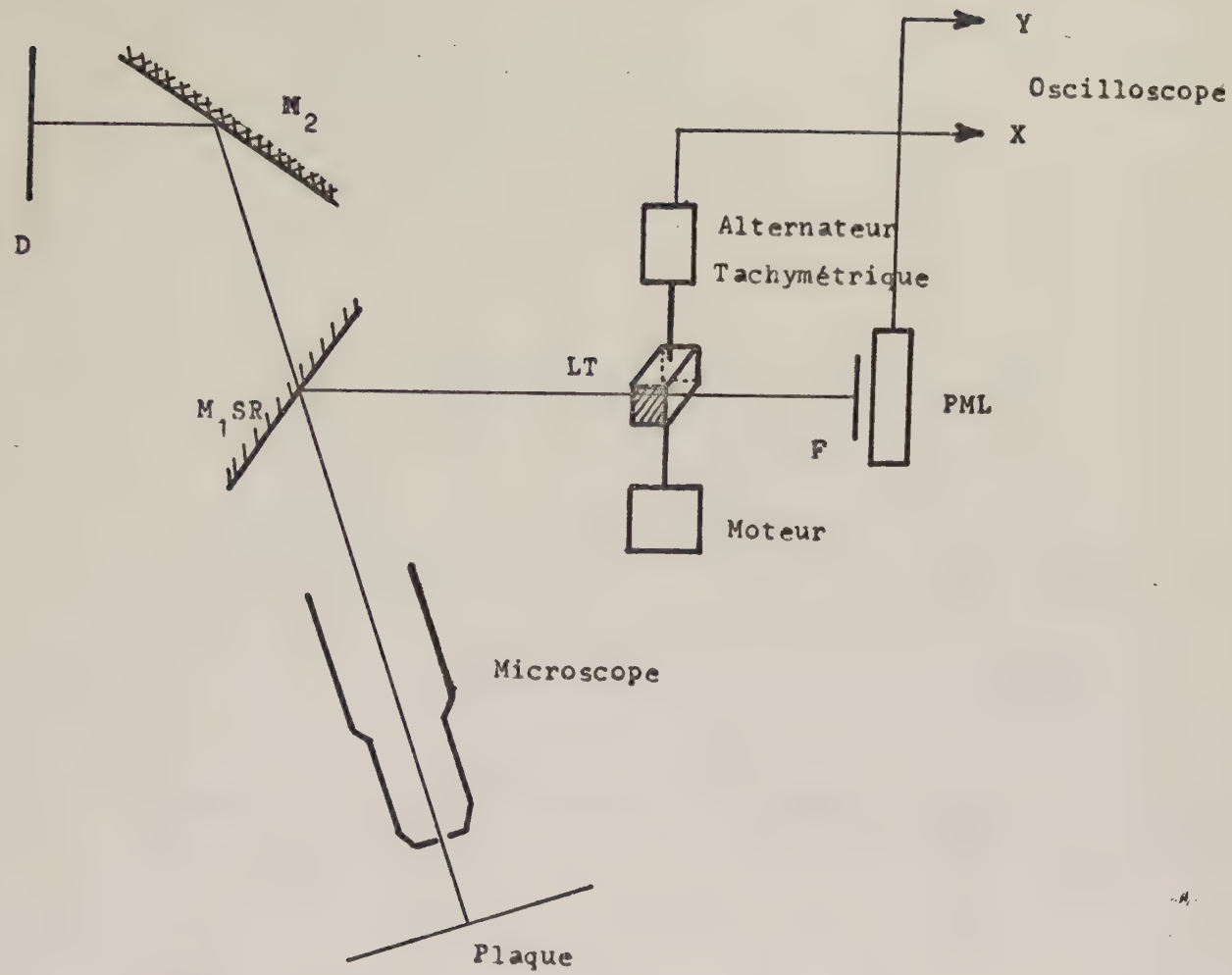


Fig.3 - Schéma descriptif du nouveau montage

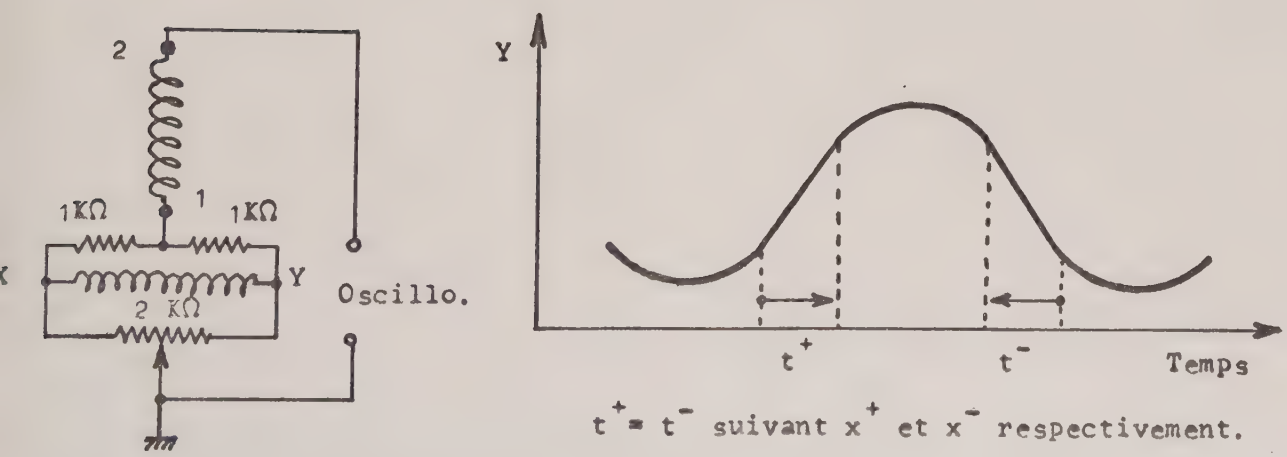


Fig.4 - Schéma de branchement de la synchronisation du balayage et oscillogramme de la tension de balayage délivrée par l'alternateur.

I - L'ETOILE GEANTE HD 217 050 (B3 III)

"Variations du spectre de 1'étoile Be HD 217 050"

P. GRANES

Article publié dans Astron. & Astrophys. 19, 224-230 (1972)

Astron. & Astrophys. 19, 224—230 (1972)

Variations du spectre de l'étoile Be HD 217050*

P. Granes
Observatoire de Meudon

Reçu le 9 novembre 1971; révisé le 14 février 1972

* — HD 217050 (EW Lac. = HR 8731 = MWC 394 = BD + 47°3985) α = 22h 52m 7; δ = +48° 09 (coord. 1900) Mv = 5,2; type spectral = B3 ne.

Spectrum Variations of the Be HD 217050 Star

The measurements of the radial velocity for lines produced by the envelope of HD 217050 during 11 years seem to indicate a time variation on the time-scale of 19 days.

The variations of the Hβ line profiles would be correlated to radial velocities variations.

Key words: be star — radial velocity — line profile

Les mesures des vitesses radiales des raies d'enveloppe de HD 217050 sur 11 années semblent indiquer une variation à court terme (de 19 jours).

Les variations des profils de la raie Hβ seraient corrélées aux variations des vitesses radiales.

I. Introduction

Les premières observations de cette étoile datent de 1887. A cette époque Cannon signale que HD 217050 présente un spectre d'absorption normal. Ce sont Plaskett (1918) et Frost (1919) qui ont observé pour la première fois en 1913 un spectre d'émission et une enveloppe variable. Ce caractère est confirmé en 1921 par Baldwin (1943) ainsi que par les mesures de vitesses radiales effectuées par Campbell (1928) sur des clichés photographiés en 1917, 1924 et 1925.

Struve (1943) indique une période possible de quelques jours à partir d'observations faites de 1941 à 1944. Les mesures, faites en 1949, par Burbidge et Burbidge (1951) et celles effectuées entre 1937 et 1948 par Merrill et Burwell (1949) ne présentent pas une amplitude de variation suffisante pour confirmer cette période.

Par contre, Walker (1953) mesure entre 1950 et 1952 une période comprise entre 0,736 et 0,800 jour. Le rapport (V/R) des composantes violettes et rouges des raies d'émission mesuré en 1960 et 1961 par Ozemre (1967) et celui mesuré entre 1946 et 1961 par Copeland et Heard (1963) présente de faibles variations s'étendant sur plusieurs années. Gobros (1970) propose une période de 3,97 ans, d'après des mesures faites sur des clichés pris entre 1951 et 1960 au David Dunlap Observatory.

Les mesures récentes effectuées en 1965 et 1968 par Harmanec *et al.* (1971) montrent de petites variations de vitesse radiale à faible amplitude (~ 20 km s^{-1}).

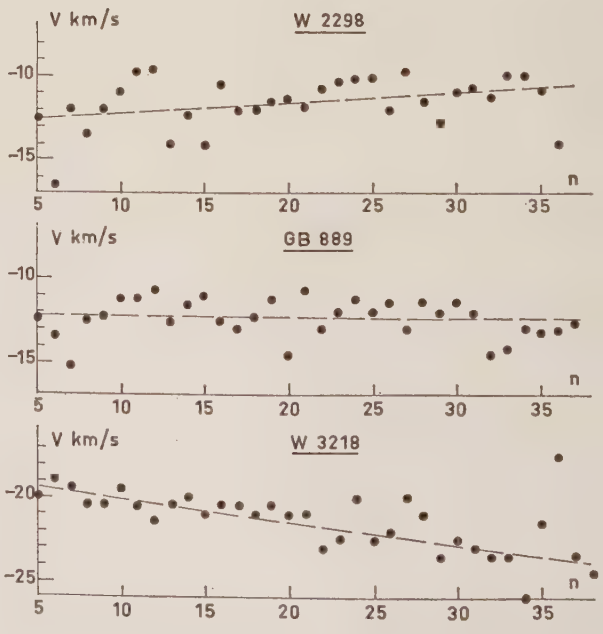


Fig. 1. Trois aspects typiques des progressions Balmer

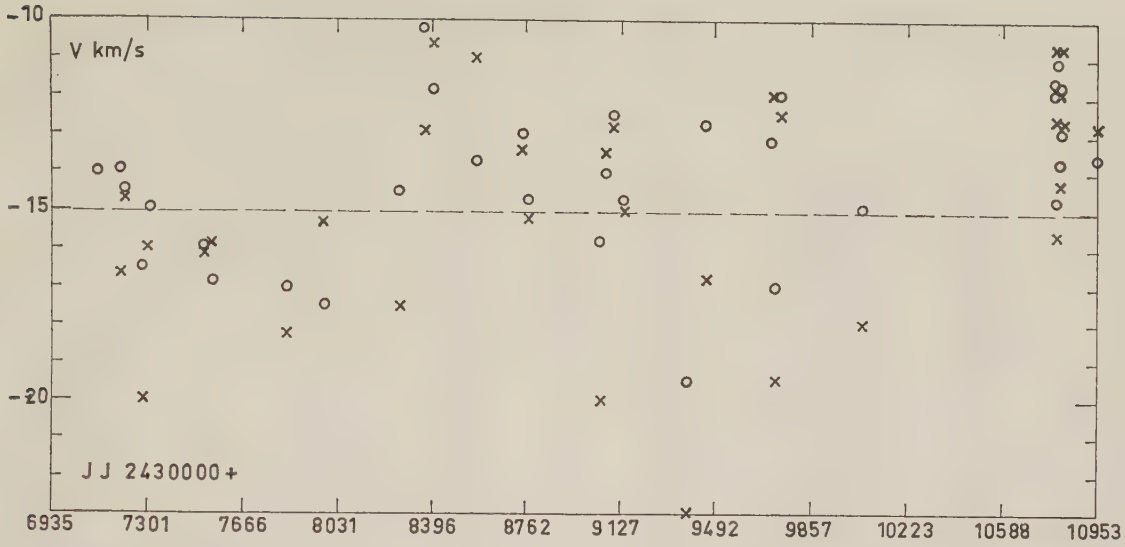


Fig. 2. Variations lentes des vitesses radiales des raies d'hydrogène: ○: Hγ, Hδ, Hε et ×: H 30, H 31, H 32

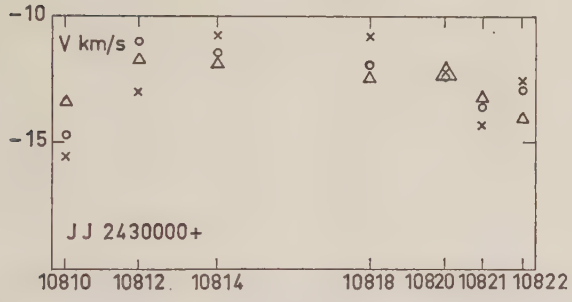
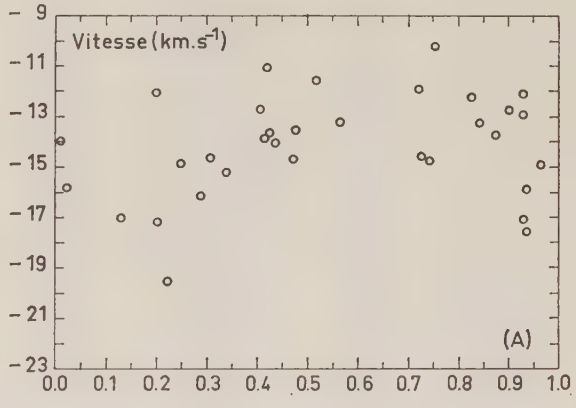
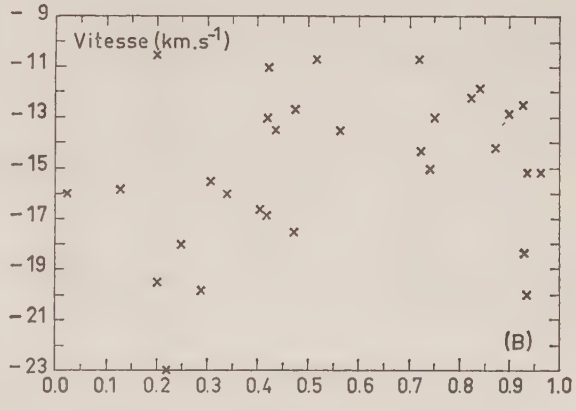


Fig. 3. Variations rapides des vitesses radiales des raies: ○: Hγ, Hδ, Hε ×: H 30, H 31, H 32 △: Ca II K. W 5200 et W 5220 (J J 2440811,404 et 2440913,609) n'ont pas été mesurées mais seulement utilisées pour les profils de la raie Hβ



a



b

Fig. 4a et b. Variations rapides pour un cycle de 19,33 jours. a) . . . des raies Hγ, Hδ, Hε. b) . . . des raies H 30, H 31, H 32

Ces mesures ne sont pas suffisantes pour préciser la période. Malgré la mauvaise qualité des plaques photographiques utilisées par les premiers observateurs et leur manque de sensibilité dans le rouge, il apparaît, d'après cette récapitulation, une augmentation régulière de l'activité de l'enveloppe durant ces cinquante dernières années.

II. Nos observations

Nos observations portent sur 36 spectres à grande dispersion (12,4 Å/mm, 12,27 Å/mm et 9,67 Å/mm) photographiés aux télescopes de 193 cm et de 152 cm de l'Observatoire de Haute Provence. 35 spectres ont été photographiés sur plaques Kodak II aO ch et 1 spectre sur plaque 103 aF. Le Tableau 1 donne la

Tableau 1

N° du cliché	Date	Jour Julien	Temps de pose
		2430000+	
W 296	7/6/60	7093,600	20 m
427	9/10/60	7217,465	lh. 20 m
437B1	15/10/60	7223,440	60 m
550	23/12/60	7292,317	18 m
561	24/12/60	7293,303	13 m
972	26/8/61	7538,454	20 m
987	28/8/61	7540,511	20 m
1475	10/6/62	7826,573	25 m
1683	12/11/62	7981,339	30 m
1955	8/9/63	8281,576	34 m
2089	30/11/63	8364,345	lh. 22 m
2175	28/12/63	8392,297	18 m
2298	23/6/64	8570,580	13 m
2513	17/12/64	8747,250	10 m
2541	13/1/65	8774,325	18 m
2790	10/10/65	9044,381	23 m
2830	8/11/65	9073,378	14 m
2897	17/11/65	9082,363	11 m
2922	11/1/66	9137,267	14 m
3218	9/9/66	9378,489	14 m
3282	29/11/66	9459,350	45 m
3697	4/9/67	9738,384	34 m
3726	11/9/67	9745,339	24 m
3846	25/9/67	9759,369	19 m
4383	17/7/68	10055,495	25 m
5191	11/8/70	10810,423	20 m
5200	12/8/70	10811,404	19 m
5213	13/8/70	10812,615	30 m
5220	14/8/70	10813,609	21 m
5224	15/8/70	10814,480	42 m
5238	19/8/70	10818,412	13 m
5248	21/8/70	10820,429	24 m
5254	22/8/70	10821,371	21 m
5261	23/8/70	10822,430	23 m
GB 846	9/1/71	10961,246	11 m
889	16/1/71	10968,298	9 m

Tous les clichés ont été photographiés sur plaques Kodak IIaO chauffées dans le domaine spectral 3300—5200 Å avec une dispersion de 9,67 Å/mm, sauf:
W 296 plaque Kodak 103 aF (4000—6700 Å) dispersion 12,4 Å/mm
GB 846
GB 889 IIaO ch (3300—5200 Å) dispersion 12,27 Å/mm

liste, la date, le temps de pose, le domaine spectral du matériel utilisé.

1. Description du spectre

Les raies stellaires de l'hydrogène sont visibles jusqu'à H 19. Les raies de He I sont diffuses et dissymétriques probablement par un «blend» (Ti II).

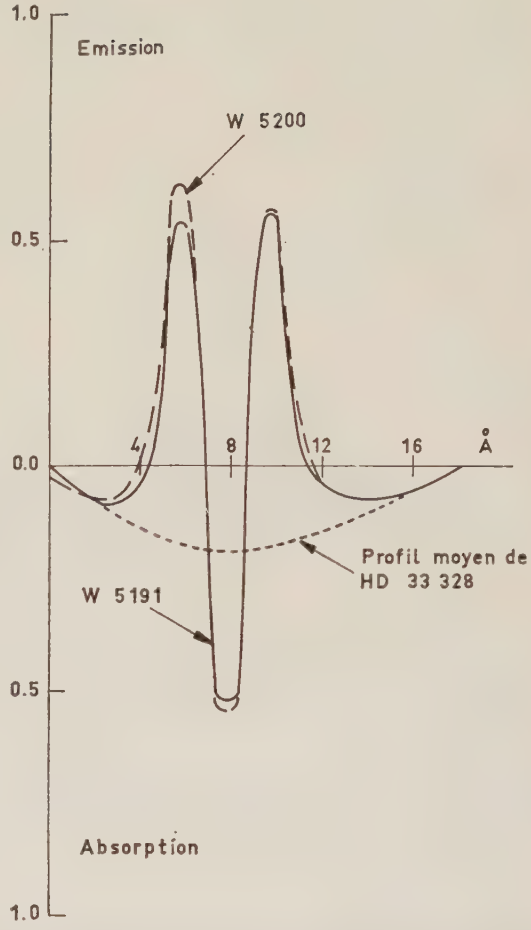


Fig. 5. Deux aspects du profil de la raie Hβ: W 5191 correspond au minimum du rapport V/R et W 5200 correspond au maximum du rapport V/R

Les composantes du spectre d'enveloppe de la série de Balmer sont fines et profondes jusqu'à H 32 ou H 38, selon la date d'observation. Une composante d'émission double apparaît jusqu'à Hγ. Elle affecte également les raies métalliques les plus intenses de Fe II et Ni II. La vitesse de rotation est estimée par Herman et Duval (1960) et Ozemre (1967) à partir des raies de l'hélium par la méthode de Su Shu Huang et Struve à 378 km s^{-1} pour l'étoile centrale et à 180 km s^{-1} pour l'enveloppe.

2. Vitesses radiales

Exceptées les plaques W 5200, 5220 et GB 846, nous avons mesuré les vitesses radiales de toutes les raies fortes et moyennes de tous les spectres photographiés sur plaques IIaO ch au moyen d'un com-

Tableau 2. *Vitesses radiales des differentes raies d'enveloppe* (km s^{-1})

Raies	W 296	W 427	W 437	W 550	W 561	W 972	W 987	W 1475	W 1683
Hγ	−14	−13	−15,5	−15	−17	−16	−17	−18	−18
Hδ	−14	−13	−13,5	−17,5	−16	−17,5	−16,5	−17	−17
Hε	—	−15,5	−14,5	−16	−12,5	−14	−17,5	−16	−17,5
H8	—	−11	−14,5	−16	−13	−16,5	−15	−14,5	−17,5
H9	—	−14,5	−14	−17	−14,5	−15,5	−17,5	−16	−19
H10	—	−12,5	−15,5	−16,5	−12,5	−12,5	−16	−16	−15
H11	—	−10,5	−14,5	−14	−16	−16,5	−16	−16,5	−16
H12	—	− 7,5	−13,5	−14,5	−16	−17,5	−15	−12,5	−15,5
H13	—	−16	−18,5	−18	−19	−15,5	−19	−19,5	−16,5
H14	—	−13,5	−15,5	−15,5	−16,5	−16	−17	−15,5	−17
H15	—	−14	−15,5	−15,5	−19	−17	−17,5	−16,5	−15,5
H16	—	−11,5	−12,5	−16,5	−15,5	−17,5	−17	−16,5	−15,5
H17	—	−20	−17	−17	−19	−18	−18	−18,5	−18
H18	—	−13,5	−14,5	−16,5	−14,5	−17,5	−17,5	−17	−18
H19	—	−20	−16,5	−17,5	−16,5	−14,5	−17	−15,5	−16,5
H20	—	−17,5	−17	−18	−18,5	−17,5	−17,5	−15	−16
H21	—	−17	−16,5	−17	−16	−17,5	−16,5	−23	−18,5
H22	—	−10,5	−14	−15,5	−17,5	−16,5	−18	−16,5	−16
H23	—	−16	−12,5	−17	−18	−17	−16	−18,5	−15,5
H24	—	−15,5	−12,5	−17,5	−15	−19	−14	−21	−18
H25	—	−11,5	−11,5	−20,5	−12	−21	−17	−22,5	−16
H26	—	−13,5	−16	−15,5	−16,5	−16,5	−16	−17,5	−16
H27	—	−15	−16,5	−17,5	−16,5	−19,5	−16	−16,5	−15,5
H28	—	−10,5	−11	−14	−16	−14	−15,5	−17,5	−18,5
H29	—	−13,5	−14	−15,5	−18	−18,5	−16	−18	−16,5
H30	—	−16,5	−13	−17,5	−15,5	−12	−16	−21	−15,5
H31	—	−14	−16	−20,5	−14,5	−19	−14	−18,5	−16
H32	—	−20	−14	−21,5	−18	−17	−17,5	−15,5	−14
H33	—	—	—	−23,5	−20	−19	−19,5	−22,5	−19
H34	—	−19,5	—	−19,5	−16	−20	−20,5	−18,5	−25,5
H35	—	−16,5	—	−25	−19	−16	−15	—	−25
H36	—	—	—	−23	−16	−21,5	−19	—	—
H37	—	—	—	−14	−18	−15,5	—	—	—
H38	—	—	—	−13	—	−16,5	—	—	—
Ca K	—	− 9	− 9	—	—	—	−18	−15	−15,5
Fe II	—	—	—	—	—	—	—	−19	−18,5
Si II	—	—	—	—	—	—	—	−26	−29
Ti II	—	—	—	—	—	—	—	−12	− 3
Mg II	—	—	—	—	—	—	—	−15,5	−45
Ni II	—	—	—	—	—	—	—	−20	−14
Cr II	—	—	—	—	—	—	—	−28	−25
Mg I	—	—	—	—	—	—	—	− 9	−19

Raies	W 1955	W 2089	W 2175	W 2298	W 2513	W 2541	W 2790	W 2897	W 2830
Hγ	−15	− 9,5	−11,5	−12,5	−13,5	−17	−17	−11,5	−13,5
Hδ	−14	−10,5	−10,5	−16,5	−12	−14	−14	−13,5	−13,5
Hε	−15	−10,5	−14	−12	−14	−13,5	−16,5	−13	−15
H8	−10	− 8,5	−11,5	−13,5	−13	−14	−16,5	−10	−10
H9	−15,5	−12,5	−10	−12	−15,5	−14,5	−13,5	−11,5	−15
H10	−12	−12,5	−11	−11	−16	−14,5	−16,5	−15	−13
H11	−16	−13,5	−12	− 9,5	−13,5	−13,5	−18	−13	−13,5
H12	− 8,5	−11,5	−12,5	− 9,5	−13	−11,5	−14	−10.5	−11,5
H13	−18,5	−13	−13	−14	−17	−16	−17	−17,5	−18,5
H14	−13,5	−13	−11,5	−12,5	−15	−15,5	−18	−15	−15,5
H15	−14,5	−12,5	−10	−14	−15	−14,5	−18	−12,5	−15,5
H16	−16,5	−13,5	−11	−10,5	−14,5	−15	−15	−11,5	−13,5
H17	−18	−15	−13,5	−12	−15	−13	−18,5	−17	−18
H18	−14,5	−13	−13,5	−12	−15	−14	−17,5	−13	−14

Tableau 2 (suite)

Raies	W 1955	W 2089	W 2175	W 2298	W 2513	W 2541	W 2790	W 2897	W 2830
H19	−15,5	−12,5	−13,5	−11,5	−17	−16,5	−19,5	−15	−17,5
H20	−14	−11	−12,5	−11,5	−14,5	−14	−16,5	−16	−16
H21	−16	−13	−12,5	−12	−14	−13,5	−20	−16	−14
H22	−15,5	−12	−13,5	−10,5	−15,5	−13	−16	−14	−14,5
H23	−14	− 8,5	−10	−10,5	−14	−13,5	−16,5	−12	−15,5
H24	−14,5	−17	−14	−10	−15,5	−14	−19,5	−13,5	−15,5
H25	−20,5	−10,5	−11,5	−10	−13	−13	−17,5	− 9,5	−13,5
H26	−16,5	−13,5	−11	−12	−13	−16	−17,5	−11	−15
H27	−18,5	− 8,5	−15	− 9,5	−12,5	−13	−19	−13	−13
H28	−13,5	−13,5	−12,5	−11,5	−13	−14	−20	− 7	−13,5
H29	−14	−13	−15,5	−13	−15	−16	−14	−14,5	−13
H30	−16	−15,5	−12	−11	−14	−12,5	−20	−14,5	−14,5
H31	−18	− 9,5	− 9,5	−11	−14	−18	−19	− 8	−10,5
H32	−18,5	−14	−10	−11	−12,5	−15	−21	−16	−15,5
H33	−22	−14	−13	−10	− 9	−13	−17,5	−14	−10,5
H34	−20	−13,5	−10,5	−10	−14,5	−15,5	−11,5	−19	−16,5
H35	—	−20	−20	−11	−15,5	−18	−22,5	−14	—
H36	—	—	−16	−14	−14,5	−15	—	—	—
H37	—	—	−16,5	—	−13,5	−19	—	—	—
H38	—	—	−23	—	—	—	—	—	—
Ca K	−14	−11	−11	−11	−11,5	−13,5	−14	−10	−12
Fe II	−17	−14	−15	−18,5	—	−16,5	−16,5	—	—
Si II	−31	−34	−24	−38	—	−22	−30,5	—	—
Ti II	− 7	− 5	−13	−15,5	—	− 8	−21	—	—
Mg II	−22	−33	−21,5	−19,5	—	—	—	—	—
Ni II	−19	− 9,5	−12,5	−14	—	−11,5	−15,5	—	—
Cr II	−13,5	+ 2	− 4	− 3,5	—	− 0,5	− 9	—	—
Mg I	−23	−11	−14,5	− 9	—	—	—	—	—

Raies	W 2922	W 3218	W 3282	W 3697	W 3726	W 3846	W 4383	W 5191	W 5213
Hγ	−14	−20	−12	−12,5	−17,5	−12,5	−15	−13,5	−10
Hδ	−14,5	−19	−12	−14	−17	−11,5	−14	−15	−11
Hε	−15,5	−19,5	−14	−13	−17	−12	−15,5	−15,5	−12
H8	−15	−20,5	−11,5	−12	−19,5	−11,5	−15,5	−11	−10,5
H9	−16	−20,5	−13,5	−13	−15,5	−11	−15	−11	−11,5
H10	−16,5	−19,5	−14,5	−13	−16,5	−12	−15,5	−11,5	−11,5
H11	−15,5	−20,5	−13	−13,5	−17,5	−12,5	−16	−13	−12,5
H12	−15,5	−21,5	− 9	−12,5	−19,5	− 8,5	−14	−10,5	− 4,5
H13	−20	−20,5	—	−17	−16,5	−15,5	−14,5	−16,5	−15
H14	−18	−20	−15,5	−14,5	−17,5	−12	−17	−13	−14
H15	−16,5	−21	−11,5	−13,5	−17,5	−12	−14,5	−15,5	−11
H16	−16	−20,5	−11	−14,5	−17	−11,5	−16,5	−17,5	−15
H17	−18	−20,5	−14,5	−17	−17	−12,5	−14	−16,5	−11
H18	−15,5	−21	−12	−13,5	−17,5	−12	−15,5	−16	−14
H19	−18	−20,5	−14	−17	−18	−10,5	−15,5	−14	−11
H20	−16,5	−21	−14	−15	−21,5	−12,5	−14	−13,5	−11,5
H21	−17,5	−21	−16	−11,5	−16,5	−11,5	−16,5	−15,5	−10,5
H22	−13,5	−23	− 7	−13	−18,5	−10,5	−12	−18,5	−14
H23	−14,5	−22,5	−14	−16	−17,5	−9,5	−15	−16,5	−14
H24	−15	−20	−11,5	−12,5	−17	−13	−16,5	−16	−10
H25	−13,5	−22,5	− 5,5	−10,5	−16	− 3,5	−14	−16,5	−18,5
H26	−16,5	−22	−15,5	−12	−20,5	−11	−23	−14,5	−13,5
H27	−14,5	−20	−10	−14	−18	− 8	−15,5	−13,5	−10
H28	−15	−21	−18	−12	−16	− 5	−19	−16	−13,5
H29	−13,5	−23,5	−14	−13,5	−19	−12,5	−13	−16	−12,5
H30	−15	−22,5	−15	−14	−18	−13	−15,5	−16	− 7,5
H31	−15,5	−23	−17,5	−14,5	−20,5	−12,5	−22	−15,5	−16
H32	−14,5	−23,5	−17,5	− 7	−20	−12	−16,5	−15	−15,5

Tableau 2 (suite)

Raies	W 2922	W 3218	W 3282	W 3697	W 3726	W 3846	W 4383	W 5191	W 5213
H33	—	−23,5	—	—	−24	−19	−11	−20,5	−16,5
H34	—	−26	—	—	−19	−10,5	—	−11,5	− 9,5
H35	—	−21,5	—	—	−16	−16	—	−18	−12,5
H36	—	−17,5	—	—	−11	—	—	− 8	−16,5
H37	—	−23,5	—	—	—	—	—	—	—
H38	—	−24,5	—	—	—	—	—	—	—
Ca K	−11	−16	−11	−12,5	−13,5	−10	−11	−13,5	−11,5
Fe II	—	−20,5	—	—	−22,5	—	−26,5	−16	—
Si II	—	−33	—	—	−31	—	−36	−29,5	—
Ti II	—	−29	—	—	−29	—	—	−13	—
Mg II	—	−29	—	—	− 3,5	—	—	—	—
Ni II	—	−18,5	—	—	−18,5	—	−18	−19	—
Cr II	—	−16	—	—	−4	—	+ 4	− 3,5	—
Mg I	—	−19	—	—	−19,5	—	−32	−21,5	—

Raies	W 5224	W 5238	W 5248	W 5254	W 5261	GB 889
Hγ	−11	−12	−13,5	−14	−11,5	−12
Hδ	−12,5	−11,5	−13	−14	−14,5	−13,5
Hε	−11	−12	−10	−13	−12,5	−15
H8	−10,5	−10,5	−10,5	−10,5	−11	−12,5
H9	−10,5	−10,5	−13,5	−13,5	−11,5	−12
H10	−10,5	−10,5	−10,5	−11	−11	−11
H11	−12,5	− 9,5	−11	−15,5	−12,5	−11
H12	− 8	− 8,5	−10	−12	− 8,5	−10,5
H13	−13,5	−15,5	−15	−14,5	−16	−12,5
H14	− 8,5	−12	−13	−12,5	− 7,5	−11,5
H15	−12,5	−12,5	−11,5	−13,5	−12,5	−11
H16	−15,5	−12	−13	−12	−14	−12,5
H17	−12,5	−12	−16	−17	−22	−13
H18	−11	−11	−13	−15	−13	−12,5
H19	−10	−11,5	−11,5	−10,5	−12	−11
H20	−10	−11	−11	−14,5	−11	−14,5
H21	− 9,5	−11	−11,5	−11,5	−13,5	−10,5
H22	−15	−13,5	−13,5	−18,5	−12,5	−13
H23	−11,5	−16,5	−15,5	−19	−14	−12
H24	− 8	−10	−16,5	−15,5	−13,5	−11.5
H25	−15	−17	−17,5	−18	−15	−12
H26	−10	−12	− 7	−17,5	−11	−11,5
H27	−14,5	−12	−11,5	−11	− 9	−13
H28	−10	−13,5	−17,5	−13	−14	−11,5
H29	−12	−11	−16,5	−17,5	− 8	−12
H30	−12	−11,5	−12	−21	−11	−11,5
H31	−10,5	−10,5	−12	−13	−15	−12
H32	− 9,5	−10	−12,5	− 8,5	−11,5	−14,5
H33	−18,5	−17,5	−19	−21,5	−15	−14
H34	− 9	−13,5	− 9,5	−16	−17	−13
H35	−12	− 9	− 5	−23	−12,5	−13
H36	−11	−10,5	—	−22	—	−13
H37	—	−18	—	−13	—	−12,5
H38	—	—	—	—	—	—
Ca K	−12	−12,5	−12,5	−13,5	−14	−10,5
Fe II	—	—	—	—	—	−19
Si II	—	—	—	—	—	−28,5
Ti II	—	—	—	—	—	—
Mg II	—	—	—	—	—	−29
Ni II	—	—	—	—	—	−20,5
Cr II	—	—	—	—	—	−10
Mg I	—	—	—	—	—	—

parateur électronique digitalisé. L'erreur moyenne de mesure varie de ± 1 km s^{-1} pour les profils symétriques à ± 3 km s^{-1} pour les profils dissymétriques.

Le programme de réduction des mesures de vitesses radiales avec identification automatique des raies de comparaison, élaboré par Duval, a été traité par le Centre de Calcul de l'INAG sur ordinateur IBM 360/65. Le Tableau 2 donne les résultats de ces calculs.

Nous avons représenté sur la Fig. 1 trois aspects typiques des progressions Balmer. Le caractère non stationnaire de ces progressions montre qu'il est nécessaire de séparer les premières et les dernières raies de Balmer si l'on veut rendre compte des mouvements de l'enveloppe externe par rapport à ceux de l'enveloppe interne.

Nous avons cherché à mettre en évidence l'existence d'une périodicité dans les variations rapides observées au moyen d'une série de 8 spectres photographiés sur 14 jours.

Sur la Fig. 3, nous voyons que:

a) — Les mouvements des couches internes de l'enveloppe sont plus importants que les mouvements des couches externes, ce qui est confirmé par les variations des progressions Balmer.

b) — La période, si elle existe, est supérieure à 14 jours avec une amplitude d'environ 6 km s^{-1}.

Finalement, nous avons trouvé qu'un cycle de 19 jours paraissait convenir tant pour les fluctuations des couches internes que pour celles des couches externes de l'enveloppe (Fig. 4a et b).

Nous avons porté sur la Fig. 2 la moyenne des vitesses radiales des raies Hγ, Hδ, Hε d'une part et H 30, H 31, H 32 d'autre part, caractérisant ainsi les variations du début et de la fin de la série de Balmer.

Compte tenu de la faible amplitude des variations (10 km s^{-1}) et de l'erreur moyenne de mesure, nous voyons qu'il est difficile d'analyser les variations lentes.

3. Profil de la raie Hβ

L'émission de la raie Hβ est importante et comporte une fine réabsorption. Nous avons examiné les variations du rapport V/R des raies d'émission pendant la période d'observations de la Fig. 3. Ces variations, très faibles, semblent analogues aux variations des vitesses radiales des raies Hγ, Hδ, Hε de la série de Balmer. Le rapport V/R passe de 0,96 (J J 10810) à 1,11 (J J 10812) pour redescendre à 1 (J J 10822).

La Fig. 5 donne deux aspects du profil de la raie Hβ correspondant respectivement au minimum et au maximum du rapport V/R.

Nous avons remarqué également des variations rapides de l'intensité de l'absorption centrale, de l'ordre de 2 à 4 jours.

III. Conclusion

Il semble que nous soyons en présence d'une variation de vitesse radiale des raies d'hydrogène à court terme accompagnée d'une variation de profils d'émission.

Ces phénomènes doivent être confirmés par une série d'observations continues. Seules de telles observations permettront de savoir s'ils sont dus à la présence d'une enveloppe oscillante comme cela a déjà été observé pour de nombreuses étoiles Be ou à la présence d'un système binaire complexe entouré d'une atmosphère étendue.

Bibliographie

Baldwin, R.B. 1943, *Ap. J.* **97**, 333.
Burbidge, M.L., Burbidge, G.R. 1951, *Ap. J.* **113**, 703.
Campbell, W.W. 1928, *Lick Obs. Publ.* **16**, 334 et 395.
Copeland, J.A., Heard, J.F. 1963, *Publ. David Dunlap Obs.* **2**, 317.
Frost, E.B. 1919, *Ap. J.* **49**, 61.
Gobros, R.A. 1970, *Soviet Astr.* **14**, n° 2, 356.
Harmanec, P., Krpata, J., Hadrava, P. 1971, *Bull. astr. Inst. Csl.* **22**, n° 2, 87.
Herman, R., Duval, M. 1960, *Ann. Astrophys.* **23**, 958.
Merrill, P.W., Burwell, C.G. 1949, *Ap. J.* **110**, 387.
Ozemre, K. 1967, *Ann. Astrophys.* **30**, n° 3, 495.
Plaskett, J.S. 1918, *J.R. Astr. Soc. Can.* **12**, 462.
Struve, O. 1943, *Ap. J.* **99**, 205.
Walker, M.F. 1953, *Ap. J.* **118**, 481.
Walker, M.F. 1958, *Astr. J.* **63**, 237.

P. Granes
Observatoire de Meudon
F-92 Meudon, France

Printed in Germany by Brühlsche Universitätsdruckerei Gießen

II - L'ETOILE SUPERGEANTE HD 198 478 (55 Cygni) (B3 Ia)

"Variations rapides du spectre de HD 198 478 (55 Cyg.)"

P. GRANES et R. HERMAN

Article publié dans Colloquium on Supergiant Stars, Proceed. of Third Trieste Coll. in Astrophys., ed. M. HACK.

"Variations de l'atmosphère de la Supergéante 55 Cygni (B3 Ia)"

P. GRANES

Article à paraître dans Astron. & Astrophys.

Variations rapides du spectre de HD 198 478 (55 Cyg)

par P. GRANES et Mme R. HERMAN

Introduction.-

Certaines supergéantes chaudes ont des émissions à Hα . Il semble que ceci ne tienne pas à la température de l'étoile puisque ε Ori (Bo Ia), β Ori (B8 Ia) ou α Cyg (A2 Ia) ont toutes trois de l'émission à Hα. D'autres n'ont pas d'émission mais leurs spectres montrent des variations particulières indiquant des fluctuations dans l'épaisseur de l'atmosphère comme ρ Leo (BI Iab). D'autres enfin paraissent assez stables comme 67 Oph (B5 Ib).

Il est donc intéressant d'étudier avec soin l'ensemble de ces étoiles, d'une part, pour comprendre les phénomènes physiques qui se présentent dans leurs atmosphères et, d'autre part, pour essayer d'en tirer des conclusions constructives en ce qui concerne leur évolution. Dans ce cadre, nous avons observé particulièrement HD 198 478 (B3 I) qui fait partie de notre Catalogue Be.

Historique.-

Cette étoile a été considérée par R.G. AITKEN (1932) comme binaire à partir de mesures de Henroteau faites en 1920 mais, d'après J.S. Plaskett, Henroteau a considéré cette étoile comme simple à partir de ses mesures de 1923. D'ailleurs F. Henroteau (1922) a placé 55 Cyg dans une liste d'étoiles suspectées être de type β CMa.

P.W. Merrill (1933) l'a mise dans la liste des Be et il signale que la raie Hα présente une émission bordée par absorption violette en 1932. A. Underhill (1960), utilisant un grand nombre de clichés pris à Victoria entre 1928 et 1959, a montré que les vitesses radiales varient d'une façon désordonnée dans un intervalle de 30 km/sec. Elle en a conclu à l'existence de mouvements atmosphériques réels et a souligné l'existence d'une émission intermittente à Hα

J.B. Hutchings (1970) à partir d'un seul cliché, a trouvé que les vitesses radiales des raies H sont plus négatives que celles de He I par exemple.

Nos observations.-

Sur nos clichés pris au télescope de 120 cm. de l'Observatoire de Haute Provence, la dispersion à Hα est de 300 Å/mm et l'on observe seulement une variation d'intensité de la raie Hα. Sur les clichés pris au télescope de 80 cm de l'Observatoire de Haute Provence et au télescope de 60 cm de l'Observatoire de Meudon à l'aide d'un spectrographe à réseau donnant une dispersion de 100 Å/mm, on a observé des variations d'aspect de raie variant d'un jour à l'autre et même entre le commencement et la fin de la nuit. Enfin, en 1970, lors d'une mission à l'Observatoire de Haute Provence à la chambre IV du spectrographe Coudé du télescope de 193 cm nous avons essayé de prendre un spectre chaque nuit (dispersion 12,4 Å/mm, plaques II aF Kodak); malheureusement il y a eu trois jours consécutifs de mauvais temps. La liste des clichés obtenus figure dans le tableau I. La précision des mesures est de $\pm$ 3 km/s.

Profils de la raie Hα.-

Dans la figure I, nous avons montré a) les profils observationnels (en trait plein);b) le profil supposé de l'absorption d'une étoile de même type sans émission (en pointillé); c) le profil résultant des deux précédents (en trait interrompu). On voit sur la figure I que a) et c) varient progressivement en fonction du temps et que, en dehors de la mission, il y a également une absorption qui passe du violet à JJ-779,45 au rouge à JJ-792,34.

Vitesses radiales.-

Dans les figures 2, 3 et 4 on constate que l'amplitude de la courbe de vitesse radiale varie de 85 km/s pour H βà 46 km/s pour Hγ et à 36 km/s pour Hδ ce qui montre qu'

y a intérêt à ne pas prendre de moyennes en ce qui concerne les raies H dans ce cas précis. Sur la figure 5, nous avons porté chaque jour une courte progression Balmer portant sur Hβ, Hγ, et Hδ. Cette figure montre qu'au début de nos observations il y a une compression atmosphérique qui continue probablement jusqu'à la fin de nos observations mais on voit nettement que au maximum de la compression les couches intérieures sont éjectées vers l'extérieur alors que les couches extérieures retombent encore vers le noyau. Ceci est conforme à la figure 1 (absorption violette au début, absorption rouge à la fin).

Conclusion.-

Nos observations ont donc montré 1) que l'atmosphère de HD 198 478 est très turbulente comme c'est le cas général pour les supergéantes; 2) que le phénomène est probablement dû à une oscillation atmosphérique conformément à la théorie des supergéantes chaudes; 3) qu'on peut penser que la durée du phénomène est de l'ordre de quinze jours (si tant est qu'il y ait une périodicité); grâce à une mission au télescope de 152 cm de l'Observatoire de Haute-Provence dans la 1ère quinzaine d'Aout 1971, nous espérons que certains points importants de ce travail pourront être précisés, car nous avons pris chaque nuit et si possible deux fois par nuit, un spectre dans le rouge (4400-6700 Å) et un spectre dans le bleu (3300-5200 Å).

Références

R.G. AITKEN - New General catalogue of double stars; 1932

J.S. PLASKETT and J.A. PEARCE - Publ. Dom. Obs. Victoria, V, 164, 1930

F. HENROTEAU - J.R.A.S. Canada, 16, 58, 1922

P.W. MERRILL - Ap.J. 78, 107, 1933

A. UNDERHILL - Publ. Dom. Obs. Victoria - XI, 353, 1960

J.B. HUTCHINGS - Monthly Not. 147, 161, 1970

N° du cliché	5192	5201	5209	5217	5225	5236	5241	5246	5255	5265
Date : 1970	11/8	12/8	13/8	14/8	15/8	19/8	20/8	21/8	22/8	24/8
Jour Julien 2440700 +	79.45	80.43	81.41	82.50	83.53	87.37	88.41	89.37	90.41	92.34
Hβ	-29	-26	-17	- 9	+14	+ 7	+57	+54	+28	- 8
Hγ	+ 4	- 3	+4	0	+ 9	+16	+43	+34	+31	-16
Hδ	+ 1	- 3	+6	+16	+18	0	+34	+11	+21	+ 5
N II 5005	0	- 4	-6	+ 3	+ 9	- 4	0	- 8	- 8	- 4
He I 4921	- 3	0	+2	+ 3	- 3	+ 5	+10	+ 4	+ 8	- 1
He I 4471	+ 1	+ 7	+ 4	+10	+ 4	+10	+27	+ 2	+12	- 2
He I 4026	+ 6	+ 3	+11	+ 6	+ 8	+10	+10	- 6	+ 6	0
Si III 4552	- 8	0	+ 4	+ 7	+ 3	+ 7	+ 3	0	+ 8	- 1
Mg II 4481	+ 3	- 2	- 3	+ 1	+ 1	0	+ 1	- 5	- 6	- 3
C II 4267	- 7	- 1	-10	0	+ 4	-15	+11	- 1	- 1	-11

Les plaques sont des plaques Kodak II aF utilisées dans le domaine spectral 4000-6700 Å ayant une dispersion de 12,4 Å/mm.

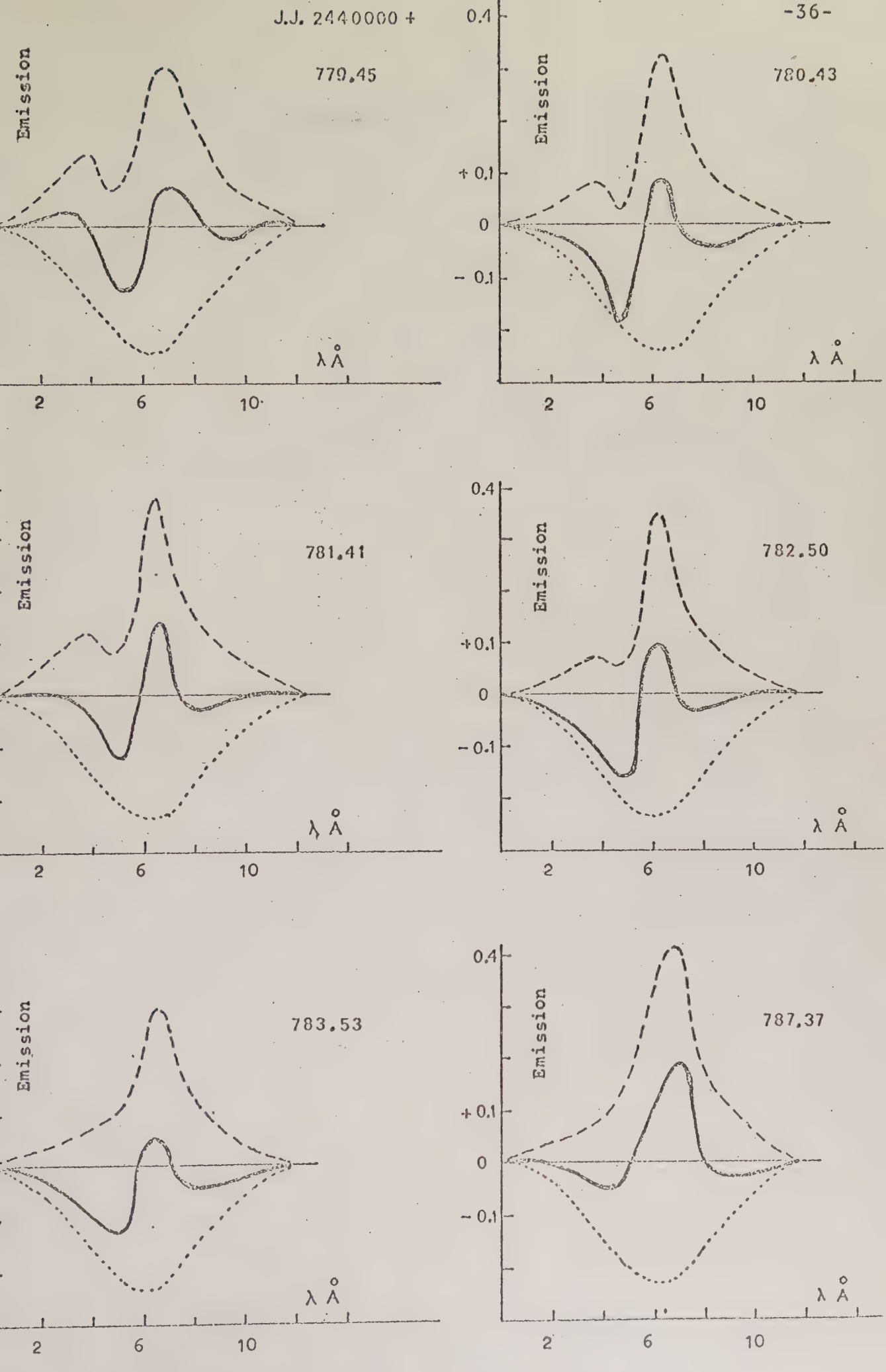

J.J. 2440000 +
779.45
780.43
781.41
782.50
783.53
787.37
Emission
λ Å
0.4
+ 0.1
0
- 0.1
2
6
10

FIG. 1

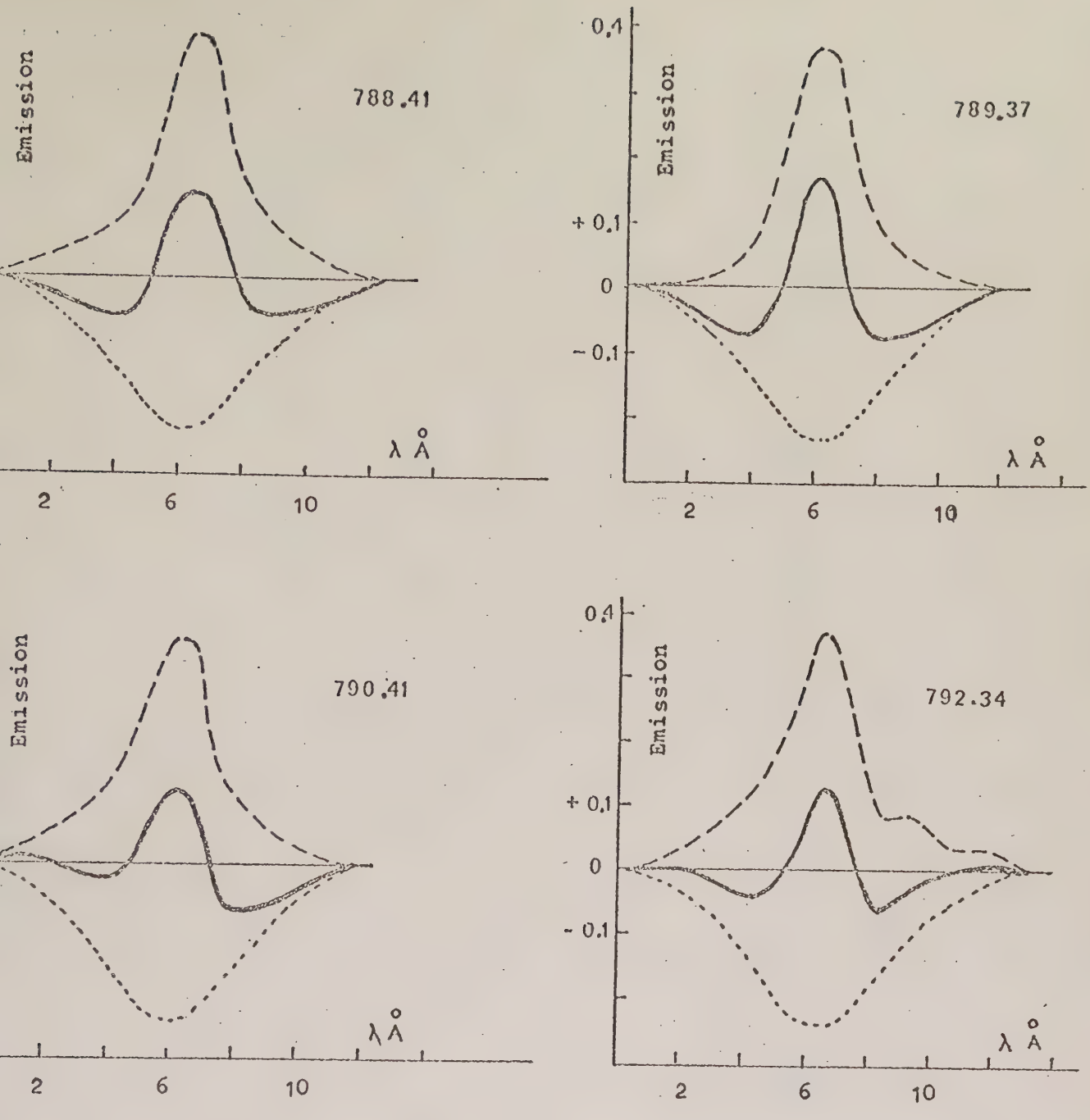

Emission
788.41
λ Å
2
6
10
0.4
+ 0.1
0
- 0.1
Emission
789.37
λ Å
2
6
10
Emission
790.41
λ Å
2
6
10
0.4
+ 0.1
0
- 0.1
Emission
792.34
λ Å
2
6
10

FIG. 1 (suite)

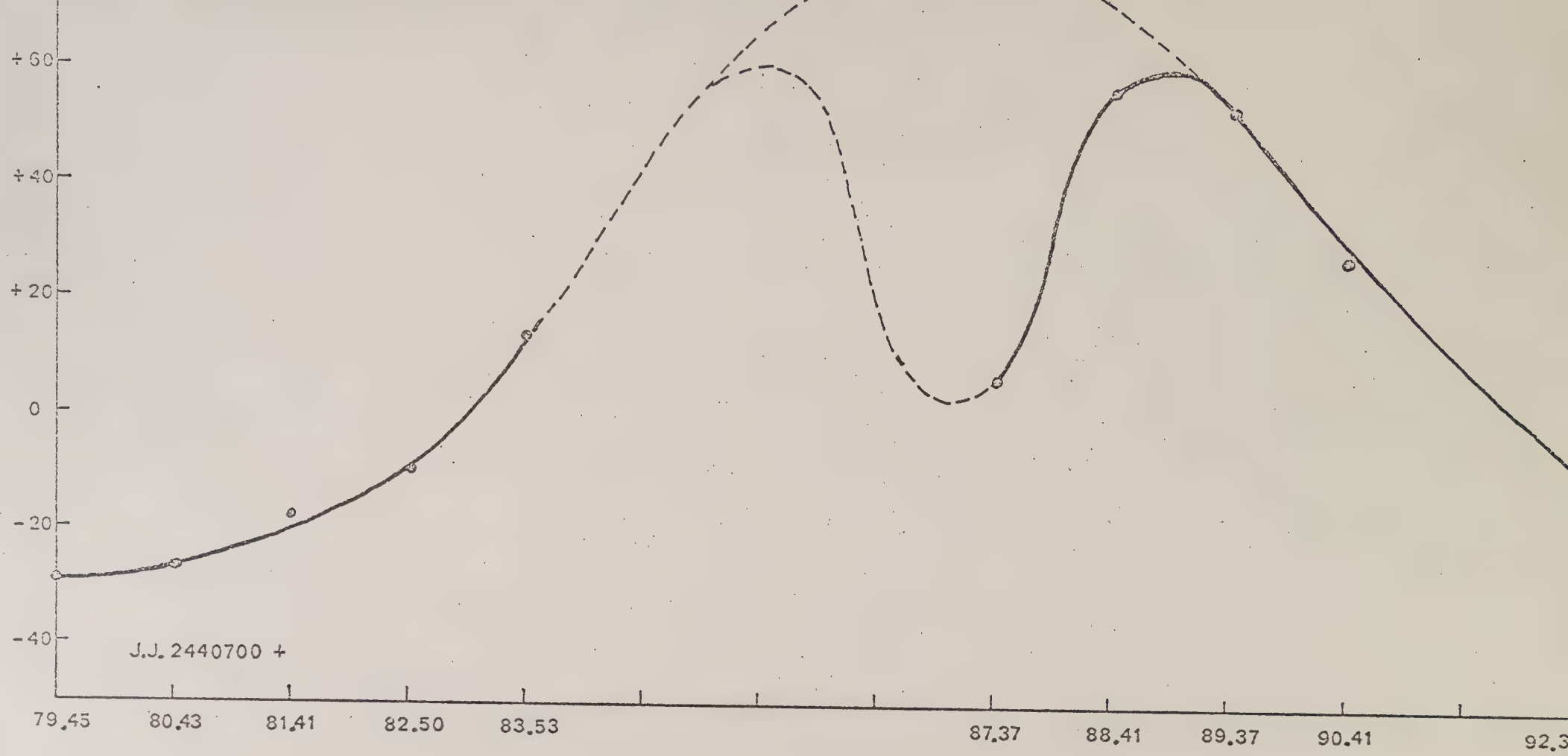


FIG. 2 _ Vitesses radiales de Hβ .

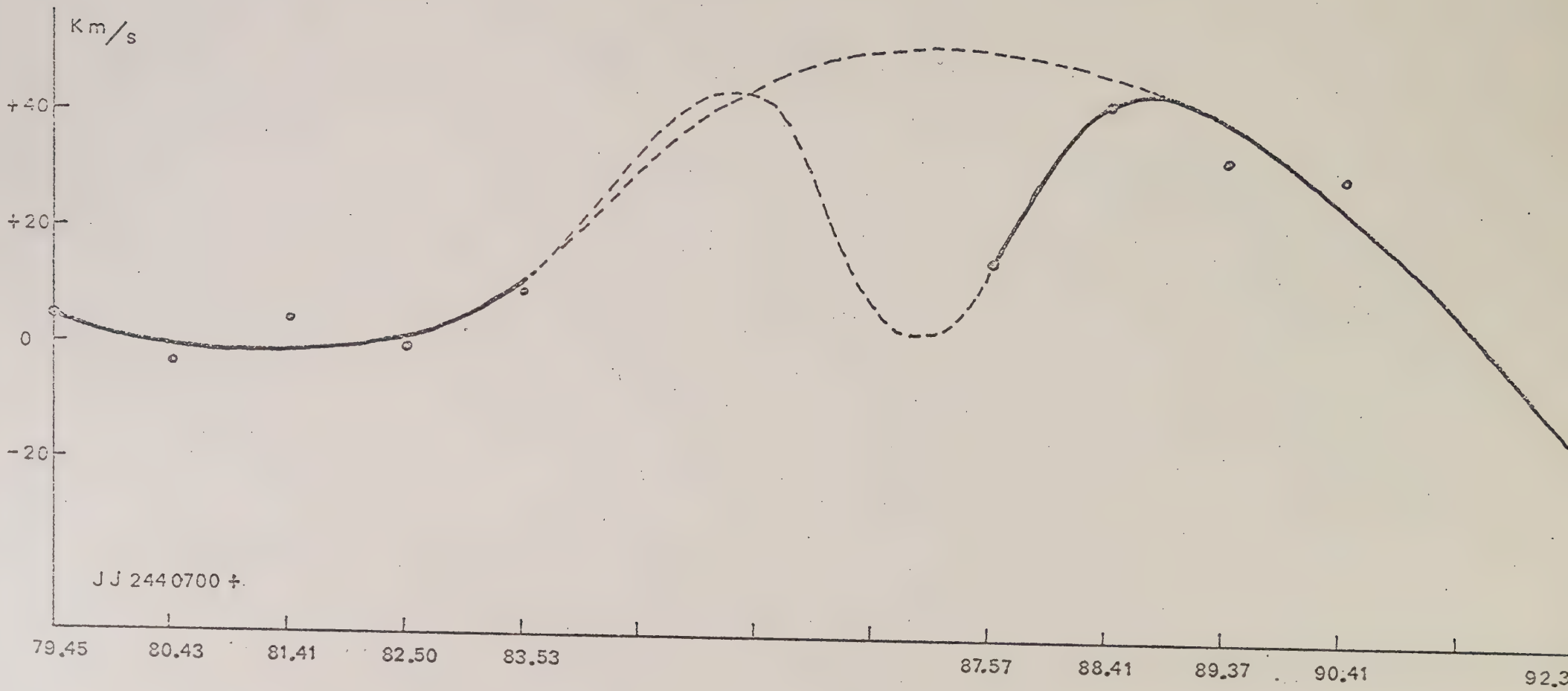


FIG.3 – Vitesses radiales de H_γ.

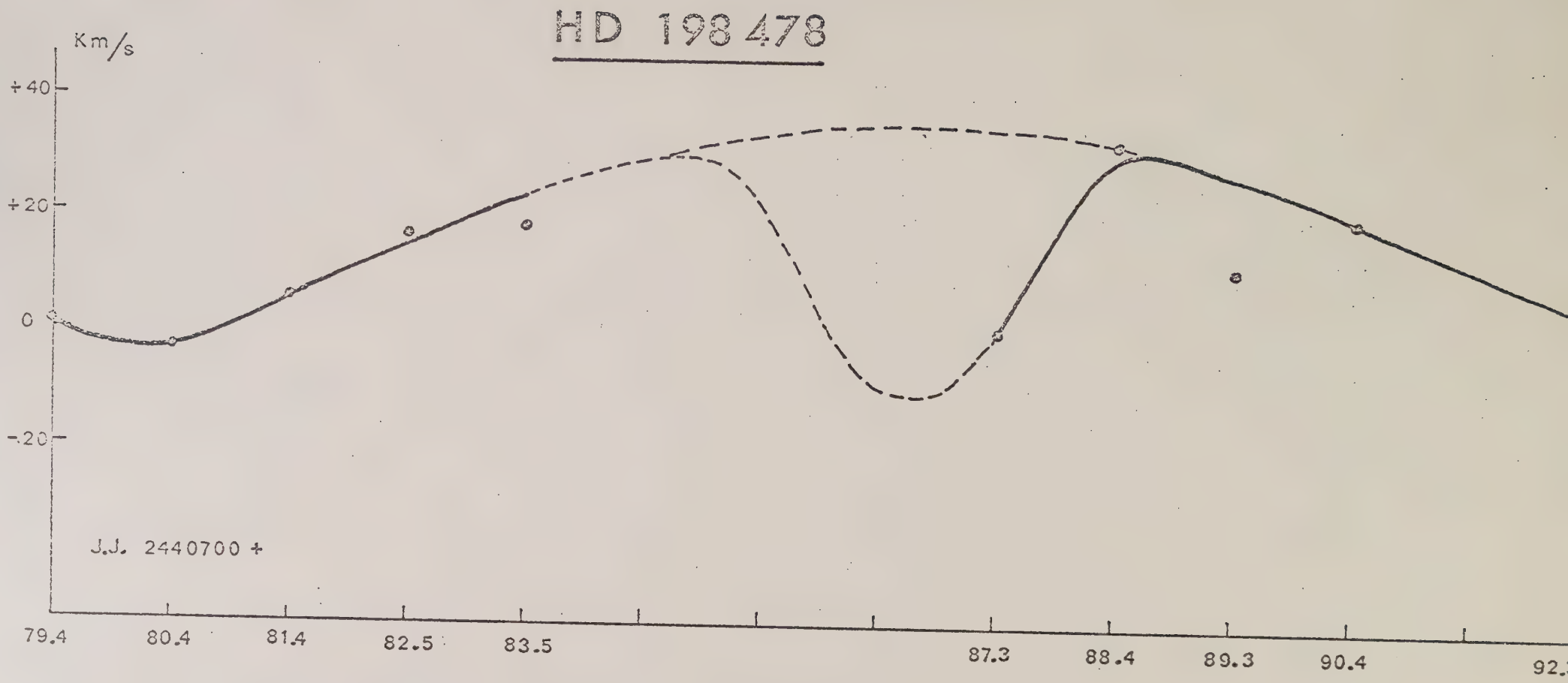


FIG. 4 - Vitesses radiales de H_δ .

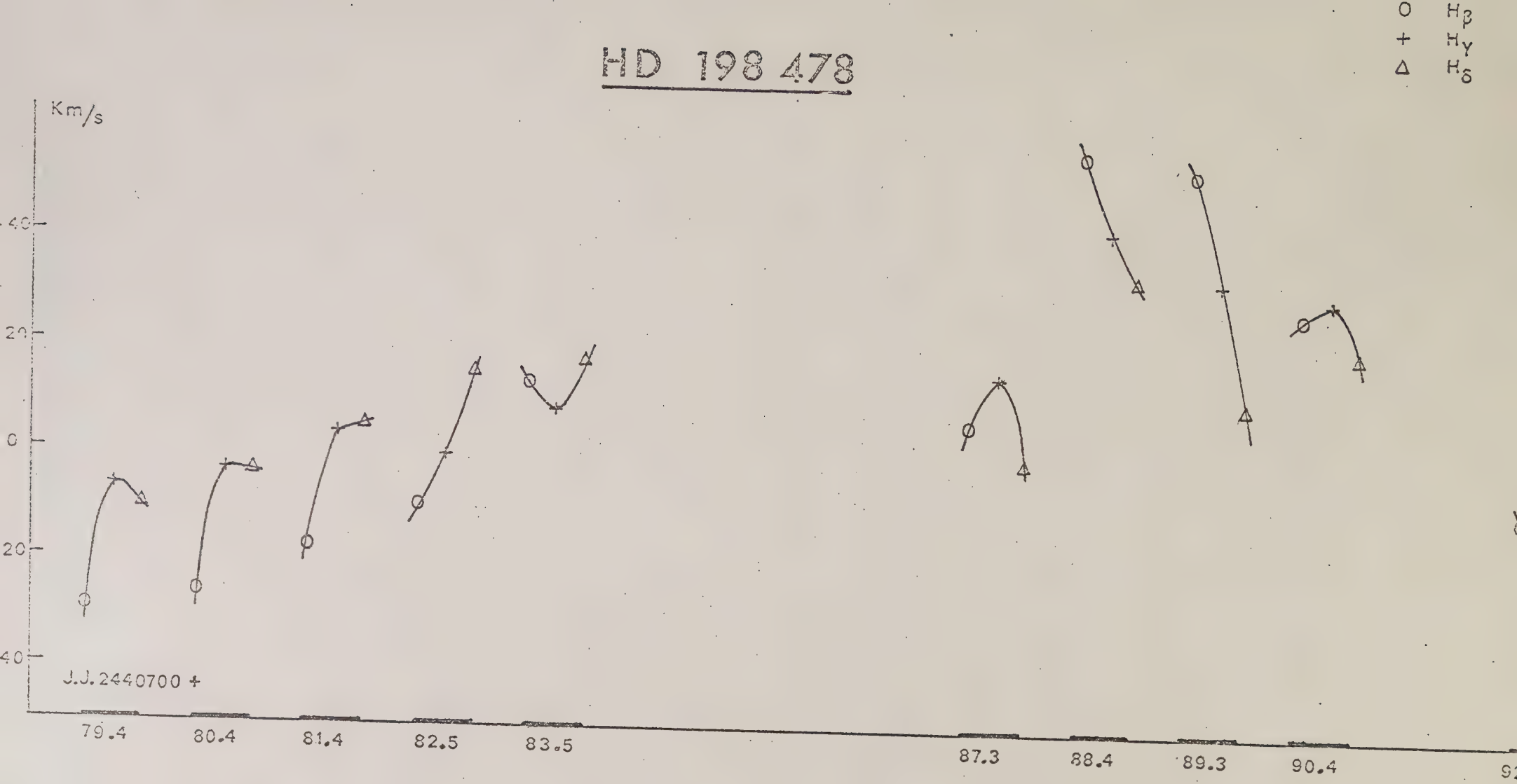


FIG. 5 - Progressions Balmer.

Abstract

VARIATIONS OF THE ATMOSPHERE OF THE SUPERGIANT
55 CYGNI (B3 Ia) (+)

Owing to a continous observations period of fifteen days, we were able to analyse atmospheric variations of HD 198 478.

The radial velocities curves examination shows an oscillation period of 4 to 5 days inside an atmospheric motion of 15 to 16 days.

Analysis of the Hα line profiles seem to confirm the radial velocities results.

This divers variations suggest expansion and contraction movement in atmospheric layers of the star.

Key words : Be star - Supergiant - Radial velocity - Line profile.

Résumé

VARIATIONS DE L'ATMOSPHERE DE LA SUPERGEANTE
55 CYGNI (B3 Ia) (+)

Une nouvelle série d'observations nous a permis de mieux apprécier les variations atmosphériques de HD 198478 que nous avions décelées en 1970 (GRANES et HERMAN, 1971).

L'examen des courbes de vitesses radiales montre une période d'oscillation de 4 à 5 jours superposée à un mouvement atmosphérique de 15 à 16 jours.

L'analyse des profils de la raie Hα semble confirmer les résultats des vitesses radiales.

Ces différentes variations suggèrent des mouvements d'expansion et de contraction dans l'atmosphère de l'étoile.

(+) Les observations ont été effectuées à l'Observatoire de Haute-Provence (CNRS)

I - Introduction

55 Cygni a été signalée comme une étoile de type βCMa par Henroteau (1922), normale par Plaskett (1930) et binaire par Aitken (1932); elle a été classée étoile Be par Merrill (1933). Underhill (1960) a montré que les vitesses radiales varient d'une façon désordonnée dans un intervalle de 30 km/s et a conclu à l'existence de mouvements atmosphériques réels. Hutchings (1970) a montré que les vitesses radiales des raies de l'hydrogène sont plus négatives que celles de He I, N II, Si II et Si III.

Dans un récent article, GRANES et HERMAN (1971) ont montré que :

- l'atmosphère de HD 198 478 est très turbulente, comme c'est le cas général pour les supergéantes,
- le phénomène est probablement dû à une oscillation atmosphérique,
- la durée du phénomène est de l'ordre de 15 jours (sans toutefois affirmer une périodicité).

Hutchings (1971) signale des variations du profil de la raie Hα dans le courant même d'une nuit à l'aide d'un "scanning".

Nous nous proposons dans le présent article d'étudier les mouvements atmosphériques de cette étoile.

II - Nos observations

Nos observations s'étendent du 2 au 16 Aout 1971. Nous avons obtenu 34 spectres à grande dispersion, marqués GB, photographiés au foyer du spectrographe coudé du télescope de 152 cm de l'Observatoire de Haute Provence. 21 spectres ont été photographiés sur plaques Kodak II aF (12,4 Å/mm) et 13 spectres sur plaques Kodak II aO chauffées (12,27 Å/mm).

Le tableau 1 donne la liste, la date et l'émulsion du matériel utilisé.

III - Vitesses radiales

Nous avons mesuré les vitesses radiales de toutes les raies fortes sur tous nos clichés au moyen d'un comparateur électronique digitalisé. L'erreur moyenne de mesure

est de ± 3 km/s en raison de la largeur des raies. Le tableau 2 donne les résultats des calculs effectués au Centre de Calcul de l'INAG sur ordinateur IBM 360/65.

Les raies de l'hydrogène sont visibles jusqu'à H21, suivant la date d'observation. Nous publions les vitesses jusqu'à H15, car au delà, les raies de l'hydrogène forment un "blend" avec des raies de O II ou de He I, ce qui fausse considérablement la mesure.

Sur la Fig. 1, on constate que l'amplitude de la courbe de vitesse radiale varie de 55 km/s pour Hβ à 32 km/s pour Hγ et 17 km/s pour Hδ, ce qui est plus faible que celles trouvées par GRANES et HERMAN (1971) sur des observations d'Aout 1970 (85 km/s pour Hβ, 46 km/s pour Hγ et 36 km/s pour Hδ). Les vitesses radiales dont la durée d'oscillation est d'environ 4 à 5 jours, passent, d'une valeur négative (3 Aout 1971) à une valeur positive (14 Aout 1971). Les valeurs sont plus ou moins fortes suivant la raie considérée, mais nous n'avons pas trouvé de déphasage entre les trois courbes.

IV - Correlation entre les profils de la raie Hα et les progressions Balmer

Sur la Fig. 2 nous avons porté chaque jour une courte progression Balmer portant sur Hβ, Hγ et Hδ, et nous avons comparé ces variations à celles du profil de la raie Hα (Fig. 3). Nous avons tracé a) les profils observationnels (en trait plein), b) le profil supposé de l'absorption d'une étoile de même type sans émission (en pointillé), c) le profil d'émission déduit des deux précédents (en trait interrompu).

Sur cette figure, on peut observer sur le profil d'émission :

1 - La présence simultanée de composantes satellites violette et rouge jusqu'au profil H (J.J. 2441173,5) correspondant à une vitesse radiale nulle pour Hβ, Hγ et Hδ.

2 - La disparition de la composante satellite violette à partir du profil I (J.J. 2441174,5) tandis que la composante satellite rouge augmente progressi-

vement d'intensité et que la vitesse radiale devient positive.

3 - La réapparition de la composante satellite violette au profil O (J.J. 2441180,5), la décroissance de la vitesse radiale jusqu'à une valeur proche de O km/s : la composante satellite rouge est alors très intense.

Il est remarquable de voir qu'aux vitesses radiales les plus négatives (J.J. 2441171,5) (Fig. 1) correspond une progression Balmer croissante (Fig. 2) et des composantes satellites violette et rouge sur le profil de l'émission déduite de la raie Hα (Fig. 3) alors qu'aux vitesses radiales les plus positives (J.J. 2441178,5) (Fig. 1) correspond une progression Balmer décroissante (Fig. 2) et une composante satellite rouge seulement sur le profil de l'émission déduite de la raie Hα (Fig. 3).

V - Mouvements de l'atmosphère de l'étoile

D'après l'analyse des Fig. 1, 2 et 3, il semblerait que la photosphère, siège d'une forte turbulence, imprime un mouvement alternatif irrégulier et de courte durée aux couches internes qui seraient fortement accélérées vers l'extérieur de l'atmosphère (composante satellite violette du profil A au profil D). Ces couches sont freinées par l'action gravitationnelle d'une part et par un mouvement de contraction de toute l'atmosphère de l'étoile d'autre part (présence sur tous les profils d'une composante satellite rouge). Les couches retombent alors vers l'intérieur de l'atmosphère (composante satellite rouge seulement). Sur les profils N et O nous notons une nouvelle expansion des couches internes tandis que les couches externes continuent leur mouvement de contraction (composantes satellites violette et rouge).

L'ensemble de ces phénomènes paraît être confirmé par la Fig. 4 (variations de la largeur équivalente de l'émission déduite des profils de la raie Hα) où l'on peut remarquer un mouvement d'expansion puis de compression de l'atmosphère de l'étoile.

VI - Conclusion

Comme dans de précédentes observations (GRANES et HERMAN, 1971), nous avons pu remarquer une correlation entre les profils de la raie Hα et les vitesses radiales dont les variations suggèrent des mouvements d'expansion et de contraction dans les couches externes de l'atmosphère de l'étoile. Le mouvement de contraction paraît prédominer bien qu'il y ait constamment opposition entre les mouvements atmosphériques et ceux issus de la photosphère :

- Composantes satellites violette et rouge alors que les vitesses raidales sont négatives,
- Composante satellite rouge seulement alors que les vitesses radiales sont positives,
- Inversion des progressions Balmer entre ces deux états.

La durée du phénomène semble également être de l'ordre de 15 à 16 jours.

Il est intéressant de noter que les variations des vitesses radiales des tout premiers termes de la série de Balmer sont plus importantes que celles des termes élevés dans les supergéantes comme ε Orionis (BO Ia) (Lamers, 1972) et 55 Cygni (B3 Ia) alors que dans les géantes comme HD 218 393 (B2 III) (Doazan et Peton, 1970), HD 37 202 ζ Tauri (B2 IV) (Delplace, 1970), HD 217 050 (B3 ne) (Granès, 1972) on assiste au phénomène inverse.

BIBLIOGRAPHIE

Aitken, R.G., 1932, New General catalogue of double stars.

Delplace, A.M., 1970a, A. et A., 7, 68

1970b, A. et A., 7, 459.

Doazan, V., Peton, A. 1970, A. et A., 9, 245.

Granes, P., 1972, A. et A., 19, 224.

Granes, P., Herman, R., 1971, Coll. on Supergiant Stars, Proceed. Of Third Trieste Coll. in Astrophys., ed. M. Hack.

Henroteau, F., 1922, J.R. Astr. Soc. Can., 16, 58

Hutchings, J.B., 1970, Monthly Not., 147, 161.

1971, Communication privée.

Lamers, H.J., 1972, A. et A., 17, 34.

Merrill, P.W., 1933, Ap. J., 78, 107.

Plaskett, J.S., Pearce, J.A., 1930, Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria, V, 164.

Underhill, A.B., 1960, Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria XI, n° 18, 353.

TABLEAU 1

N° des Clichés	Date 1971	Jour Julien 2441000 +	Temps de pose	Emulsion Kodak
GB 1282	2/8	166,511	47m	II aF
1284	3/8	167,371	1h 27m	II aF
1291	4/8	168,374	1h 01m	IIaF
1294	"	168,538	8m	II aO ch
1296	"	168,586	56m	II aF
1297	5/8	169,367	1h 09m	II aF
1300	"	169,456	15m	II aO ch
1305	"	169,616	1h 02m	II aF
1306	6/8	170,388	1h 33m	II aF
1307	"	170,431	11m	II aO ch
1310	7/8	171,393	51m	II aF
1311	"	171,419	10m	II aO ch
1316	8/8	172,367	1h 33m	II aF
1317	"	172,411	11m	II aO ch
1323	9/8	173,372	1h 26m	II aF
1327	"	173,547	8m	II aO ch
1331	10/8	174,365	1h 16m	II aF
1332	"	174,398	7m	II aO ch
1335	11/8	175,405	2h 00m	II aF
1336	"	175,553	7m	II aO ch
1339	12/8	176,430	1h 01m	II aF
1340	"	176,457	5m	II aO ch
1346	"	176,608	1h 02m	II aF
1347	13/8	177,384	52m	II aF
1348	"	177,424	9m	II aO ch
1355	"	177,588	7m	II aO ch
1356	"	177,610	43m	II aF
1365	14/8	178,592	8m	II aO ch
1366	"	178,616	58m	II aF

N° des clichés	Date 1971	Jour Julien 2441000 +	Temps de pose	Émulsion Kodak
GB 1367	15/8	179,351	54m	II aF
1375	"	179,624	51m	II aF
1376	16/8	180,354	44m	II aF
1377	"	180,380	5m	II aO ch
1382	"	180,582	54m	II aF

II aF : dispersion 12,25 Å/mm (4400 - 6700 Å)
II aO ch : dispersion 12,27 Å/mm (3300 - 5200 Å)

TABLEAU 2

Vitesses radiales des différentes raies d'enveloppe ($km.s^{-1}$)

Raies	GB 1282	GB 1284	GB 1291	GB 1294	GB 1296	GB 1297	GB 130
Hβ	-21	-31	-20,4		-15,3	-20	
Hγ				- 6,4			+ 1
Hδ				- 8,6			- 4,6
Hε				+ 2,2			+ 1
H8				- 7,4			- 8
H9				-10			+ 8,5
H10				- 2			+ 2,5
H11				+ 6,5			+ 1,3
H12				+ 3			+ 8
H13				0			- 1
H14				+ 2,6			+ 7,8
H15				+ 6,7			+14,4
HeI (4921)	- 6,6	- 3,6	+ 0,2		+ 0,7	+ 9	
Si III (4552)	- 1,3	+ 5,4	+11,6		+ 3,4	+ 8,8	
Mg II (4481)	- 6,4	+ 0,5	+ 2		- 0,5	0	- 7
HeI (4471)	- 6,3	- 2,6	+ 1		+ 4,5	+ 7	- 4,4
HeI (4026							+ 8,6
NII (3994)							+53,5
HeI (3964)							- 3,4
CaII (3933)				- 8,6			-11

TABLEAU 2 (suite)

Raies	GB 1305	GB 1306	GB 1307	GB 1310	GB 1311	GB 1316	GB 1317
Hβ	-10,7	-23		-30,4		-16,4	
Hγ			- 8		-16,2		-11,3
Hδ			-10		- 7		- 3
Hε			- 7,7		+ 2,4		- 2
H 8			-17,1		- 0,7		-11,8
H 9			- 4		+ 8,2		- 7,8
H10			- 5		+ 2,3		+ 5,2
H11			- 2		+ 4,3		+ 9,2
H12			- 6,7		+ 3,7		+11,6
H13			- 5		+14,6		+ 5
H14			- 2		+14,4		+ 3,8
H15			+22		+17,7		+ 1,2
He I (4921)	- 3,3	- 1		+ 2,8		- 5,4	
Si III (4552)	- 1	+ 0,4	-29	+0,1	- 3,4	+12,3	- 0,5
Mg II (4481)	+ 1,8	+ 1,1	-22,6	+ 0,8	- 9,1	- 0,4	- 6,5
He I (4471)	+ 8	+ 2,4	-21,4	+ 2,2	-10,7		-12,2
He I (4026)			-22,4		-12,8		-16
N II (3994)			+48,3		+51,7		+49,3
He I (3964)			- 8,3		-0,2		- 3,6
Ca II (3933)			-14,8		-10,3		- 9,1

TABLEAU 2 (suite)

Raies	GB 1323	GB 1327	GB 1331	GB 1332	GB 1335	GB 1336
Hβ	- 3,2		- 4,1		-14	
Hγ		+ 1,7		- 5,7		-20
Hδ		0		- 4,6		- 5,9
Hε		+ 9,4		- 0,3		+ 3,8
H 8		+ 7		-10,4		+ 7,9
H 9		+ 7,2		- 0,2		+ 5,6
H10		+ 8,5		- 2,8		- 2,3
H11		+11		- 9		+11,8
H12		+ 7,6		- 0,3		+13,8
H13		- 5,7		+ 4,5		+11,5
H14		+12,7		-17,5		+ 5,7
H15		+ 7,2		+ 5		+17
He I (4921)	+ 1		- 4,2		-10	
Si III (4552)	+ 9		- 1,3		+ 9,8	
Mg II (4481)	+12	+ 4	- 6,3	-11	- 1,8	- 1,7
He I (4471)	+10	- 7,4	+ 0,5	-16	+ 4,7	-11,3
He I (4026)		- 7		-16,3		- 7,9
N II (3994)		+57,3		+48		+59
He I (3964)		+ 5		- 1,1		- 0,6
Ca II (3933		- 7,2		-16		- 5,5

TABLEAU 2 (suite)

Raies	GB 1339	GB 1340	GB 1346	GB 1347	GB 1348	GB 1355	GB 1
Hβ	-13		- 9	- 4,6			+ 6,
Hγ		-10,5			+ 4,7	+ 6	
Hδ		- 3,2			0	- 1	
Hε		- 8,7			- 3,3	- 1,8	
H 8		- 0,7			- 6,3	- 3,3	
H 9		+ 4,3			- 3,3	- 0,3	
H10		-13,2			- 6	- 5,4	
H11		+14,8			+ 1,3	- 6,4	
H12		+ 7,5			+ 2	+ 1,7	
H13		- 0,1			- 3,4	- 2	
H14		+ 2,5			- 5,5	+12,3	
H15		+ 7,8			+ 2	+ 3,8	
He I (4921)	- 0,1		- 1,6	+ 4,6			+ 6
Si III (4552)	+ 5		+ 2,1	+ 6,5			+ 7,5
Mg II (4481)	+ 2,8	- 9	-10,7	+ 6,5	-15,5	-13,8	- 9,5
He I (4471)	+15	-13	+ 5	+12,6	-15,6	- 8,4	+ 0,8
He I (4026)		-12			-14	-13,3	
N II (3994)		+61			+56,6		
He I (3964)		- 2			- 5	+ 0,2	
Ca II (3933)		-11			-12,7	-11	

TABLEAU 2 (suite)

Raies	GB 1365	GB 1366	GB 1367	GB 1375	GB 1376	GB 1377	GB 13
Hβ		+17,3	+18	+23,6	+ 1,2		- 2
Hγ	+14					+ 6,5	
Hδ	+ 6					+ 2	
Hε	+ 3					+ 1	
H 8	+14					+12	
H 9	0					+10,4	
H10	+11,5					+ 6,6	
H11	- 1,5					+ 3,7	
H12	+ 9					+ 3,7	
H13	+ 5					+ 3,4	
H14	+15					+ 9,3	
H15	+ 3,5					+ 8,9	
He I (4921)		+ 7	+ 1,5	+14,1	+ 5		+ 3,6
Si III (4552)		- 1,4	- 1,6	+ 2,4	+12		+ 2
Mg II (4481)		+ 4,7	+ 5,3	+ 0,3	+11		+ 4,8
He I (4471)		- 0,6	+13	+ 8,5	+10,3		+ 9,3
He I (4026)							
N II (3994)							
HeI (3964)							
Ca II (3933)	- 9					-8	

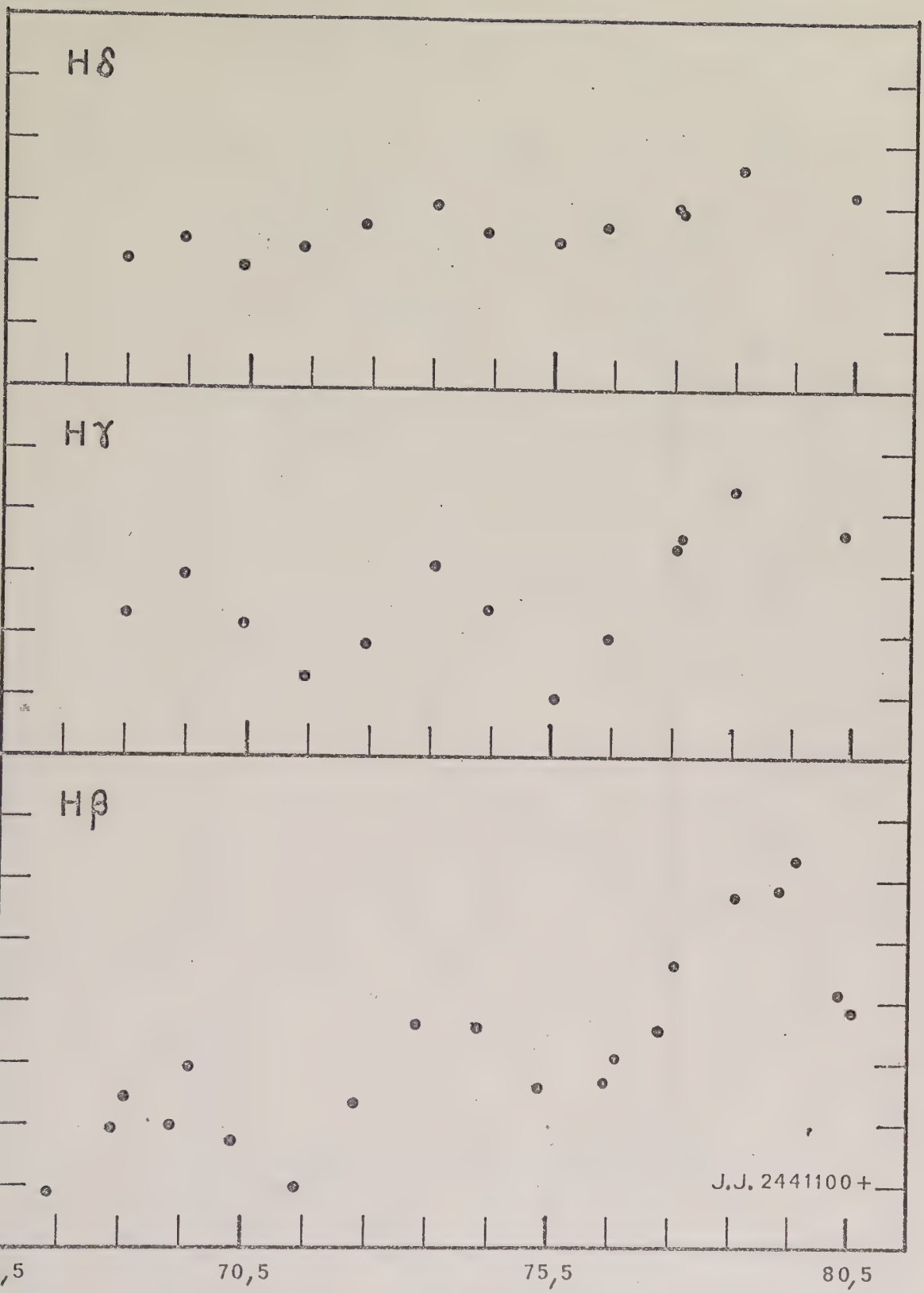


Fig. 1 - Vitesses radiales des raies Hβ, Hγ et Hδ .

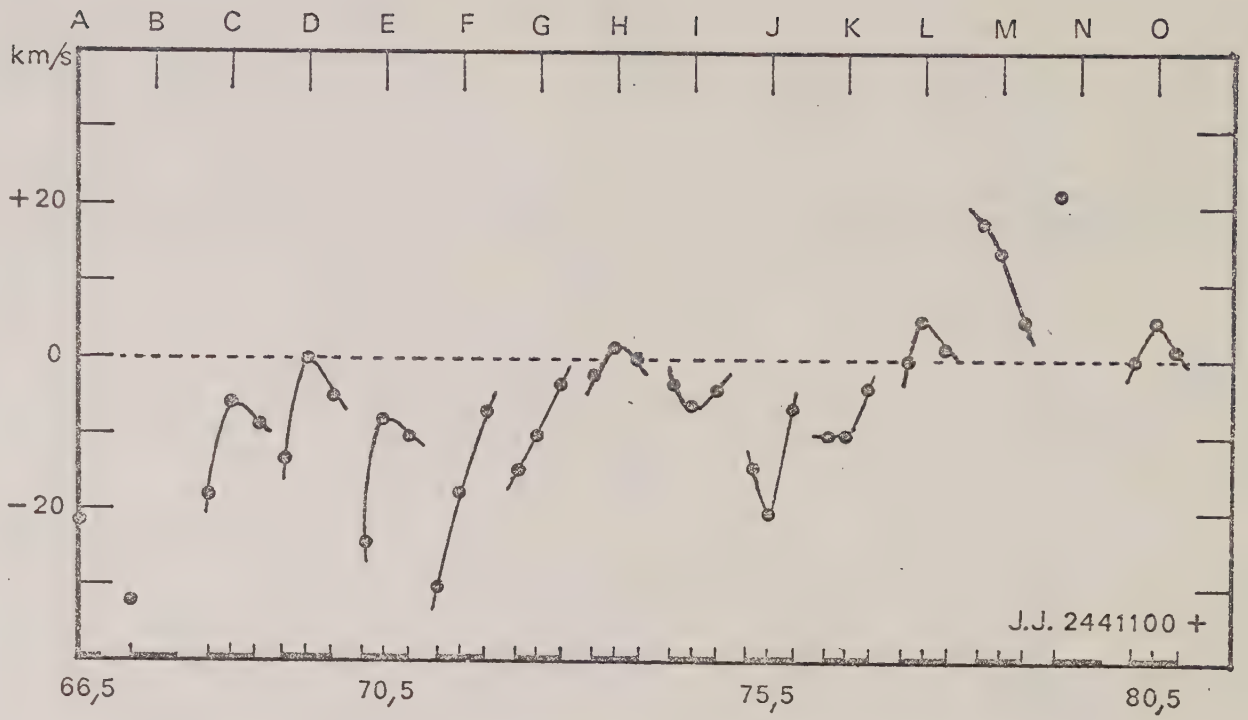
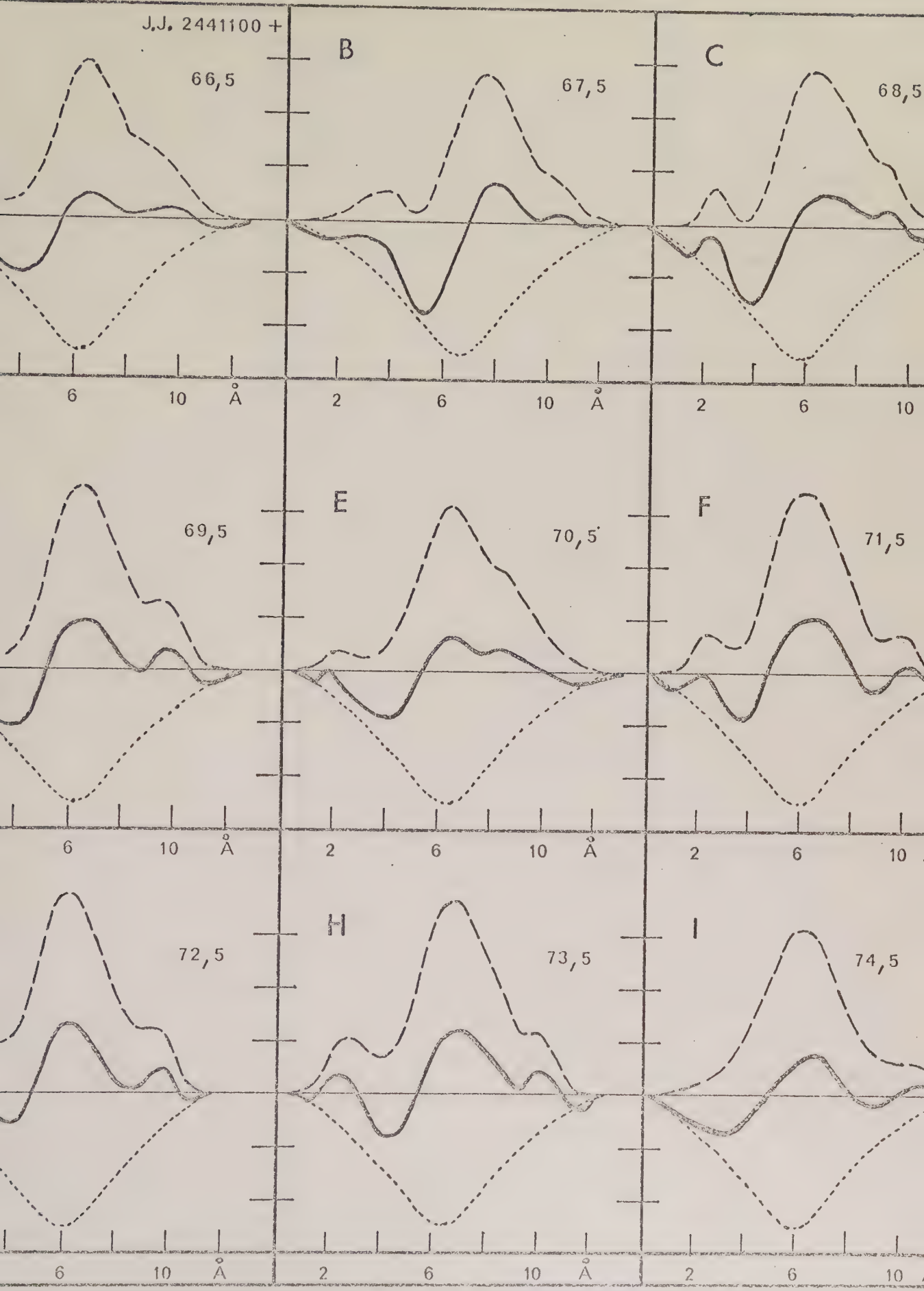


Fig. 2 - Progressions Balmer portant sur Hβ, Hγ et Hδ pour chaque jour d'observation.
Les lettres au dessus du dessin correspondent aux profils de la raie Hα de la Fig.3 .

198 478 —— Profil de la raie Hα ——



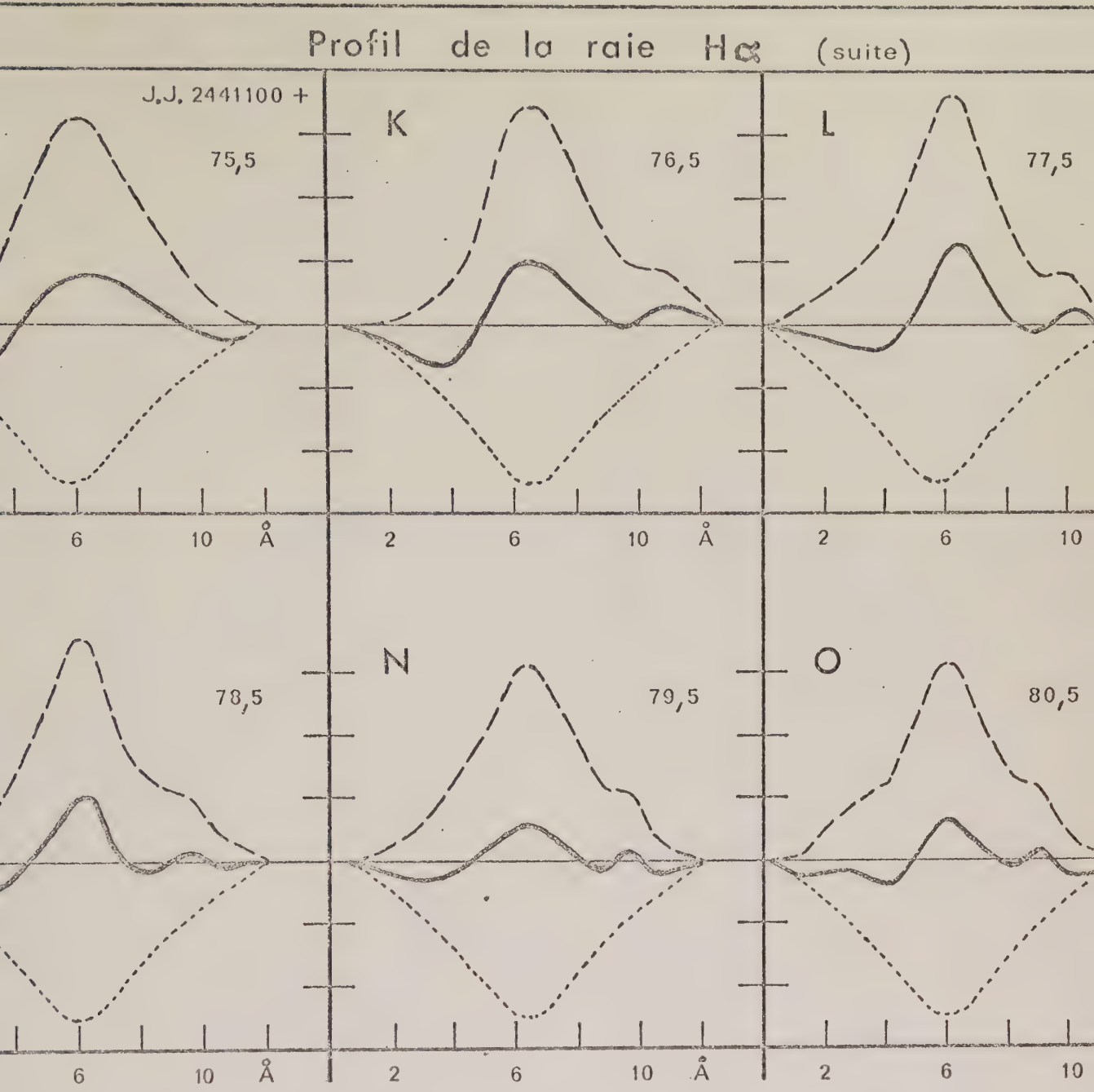


Fig. 3 - Variations du profil de la raie H α .

Nous avons tracé a) le profil observationnel (en trait plein)

b) le profil supposé de l'absorption d'une étoile de même type sans émission (en pointi

c) le profil résultant des deux précédents (en trait interrompu).

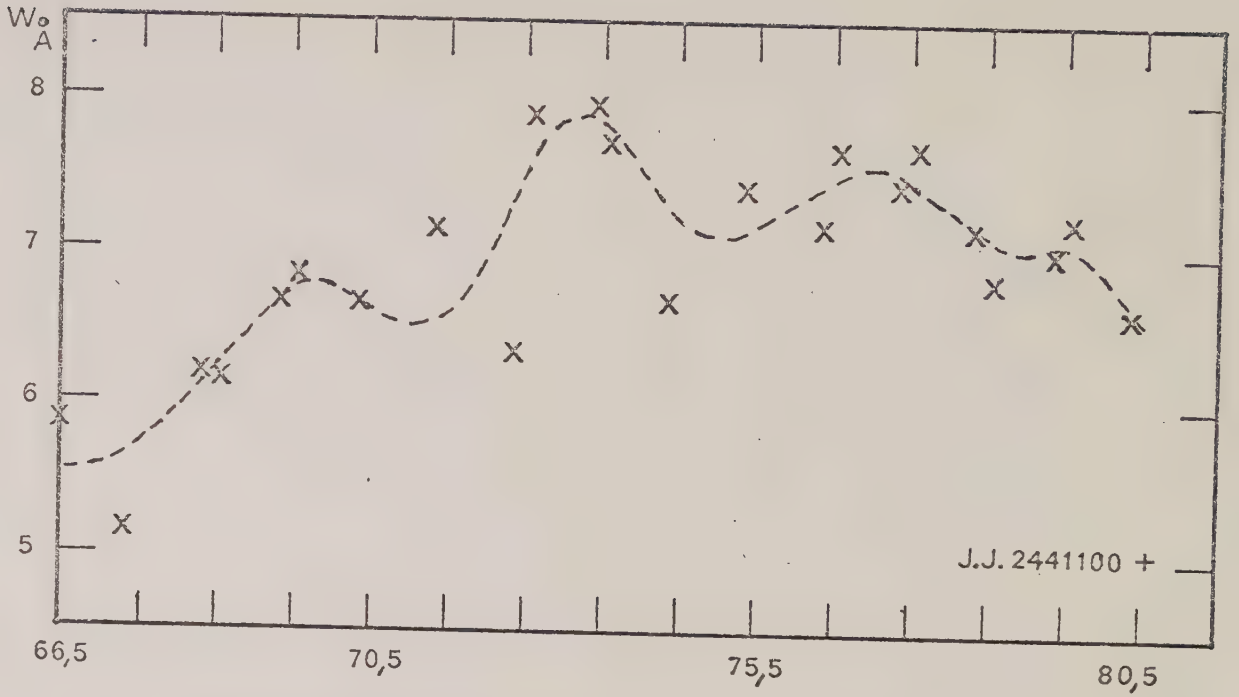


Fig.4 - Variations de la largeur équivalente de l'émission déduite des profils de la raie H α .

CONCLUSION

Dans cette étude comparative de HD 217 050 et HD 198 478, les variations rapides semblent toutes traduire des mouvements pseudo-oscillatoires, engendrés dans la photosphère de l'étoile, qui s'amplifient ou s'amortissent suivant l'étendue et la densité de l'atmosphère ou de l'enveloppe qui entoure l'étoile.

Dans une géante Be, où la rotation est importante et la "shell" très étendue, les mouvements à l'intérieur de l'enveloppe, vue dans le plan équatorial, sont semblables aux mouvements atmosphériques dans une supergéante B, de rotation très faible et à couches atmosphériques externes diluées. Toutes deux ont, en effet, des variations de courtes durées (de 4 à 20 jours). Cependant, dans une étoile géante Be, les variations des couches internes sont plus importantes que celles des couches externes alors que, dans une supergéante, le phénomène est inverse.

Il est certain que les clichés photographiés dans le rouge (II aF) donnent, pour Hα des profils intégrés du fait de leurs temps de pose élevés (de l'ordre d'une heure). Il est, par conséquent, difficile d'analyser strictement ces profils en tenant compte d'éventuelles variations très rapides (< 30 mn).

M.T. Martel (1971, 1972)[+] signale qu'elle a relevé, en lumière polarisée dans le bleu, des variations rapides (de l'ordre de quelques jours) de 55 Cygni. Nous pensons donc, que des observations de cette étoile dans le bleu, en photoélectricité, et dans l'infra-rouge, avec un récepteur de type hétérodyne à laser, nous apporteraient des résultats enrichissants.

[+]M.T. MARTEL, (1971) Astron. Nachr.b Bd 293, H. 1-2
(1972) Communication privée

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame HERMAN qui m'a accueilli dans son équipe et dirigé mes recherches.

Je remercie tout particulièrement Mademoiselle A.M. DELPLACE et Monsieur A. PETON pour les critiques et conseils qu'ils ont bien voulu me prodiguer, Monsieur DUVAL pour la réalisation des programmes de calculs et la photographie des clichés à l'Observatoire de Haute-Provence, Madame CHAMBON et Monsieur DAGOSTINOZ pour la microphotométrie des clichés, Madame JORAND qui a bien voulu se charger de la dactylographie de ce travail.

Je n'aurais pu mener à bien cette thèse sans les encouragements de ma femme, Christiane.